COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 16 NOVEMBRE 1896,

PRÉSIDENCE DE M. A. CORNU.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Secrétaire perpétuel** annonce à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. *H. Gyldén*, Correspondant pour la Section d'Astronomie, décédé à Stockholm.

Notice sur M. Hugo Gyldén, Correspondant de la Section d'Astronomie; par M. O. **Callandreau**.

« La mort de notre éminent Correspondant, astronome de l'Académie royale des Sciences de Suède et directeur de l'observatoire de Stockholm, est arrivée le 9 novembre, moins d'un mois après celle de notre Confrère, M. Tisserand. Hugo Gyldén, né le 29 mai 1841, à Helsingfors, où son père

était professeur de l'Université, a succombé, comme Félix Tisserand, dans toute la force de l'âge. Avec eux disparaissent les deux plus illustres représentants de l'Astronomie mathématique sur le continent.

» Gyldén montra de bonne heure les plus heureuses dispositions; il avait à la fois du goût pour la musique, la peinture et les Sciences mathématiques. Ses études achevées à l'Université d'Helsingfors, il se rendit à Gotha, auprès de Hansen, l'émule de Le Verrier et de Delaunay, puis à l'observatoire de Poulkovo, où son mérite exceptionnel lui valut bientôt le grade de titulaire. Les astronomes savent de quels progrès l'Astronomie de précision lui est redevable; ses admirables séries d'observations avec le cercle vertical tiennent une place d'honneur. En même temps, Gyldén s'occupait de recherches théoriques importantes. L'Académie des Sciences de Stockholm voulut s'adjoindre le jeune maître et lui confia son observatoire en 1871.

» Gyldén est surtout connu dans le monde savant par les travaux qu'il a poursuivis depuis la mort de Le Verrier sur la théorie générale des perturbations. En procédant à une revision des méthodes d'approximation de la Mécanique céleste, il a rendu à cette branche de l'Astronomie les services les plus éminents. La dignité de la Science exigeait, à ses yeux, que l'on recherchât les caractères généraux des trajectoires que l'ellipse de Képler ne peut remplacer, en principe, que dans un seul moment. Son grand *Traité des orbites absolues des huit planètes principales*, qui devait comprendre trois gros Volumes, répondait à cet objet. Le Tome premier a été seul publié; le travail de préparation des autres était très avancé. Gyldén n'a pas eu, comme Tisserand, la satisfaction de laisser après lui un monument achevé. Les soins pieux de ses élèves y suppléeront, il faut l'espérer.

» Telle était, sur le continent, la renommée de Gyldén, qu'un grand nombre d'étudiants venaient de différents pays pour écouter ses leçons. Il savait leur communiquer la noble passion pour la Science qui l'animait : son enthousiasme gagnait ses élèves en même temps que leur esprit bénéficiait de la richesse d'idées du maître. Ce fut un véritable chef d'école, dont le noble caractère appelait le respect, tandis que sa nature simple et cordiale inspirait l'affection. »

CHIMIE. — *Recherches sur l'acide phosphorique : dosage de l'acide pyrophosphorique;* par MM. **Berthelot** et **G. André**.

I.

« Dans le cours de nos recherches sur les sucres, nous avons été conduits à reprendre l'étude des transformations réciproques des divers acides phosphoriques, tels que l'acide méta-, monobasique, l'acide pyro-, bi- ou plutôt tétrabasique, et l'acide ortho-, autrement dit acide normal, tribasique. Rappelons d'abord que les trois basicités de ce dernier offrent des caractères tout à fait distincts les unes des autres, d'après les recherches thermochimiques de MM. Berthelot et Louguinine (*Annales de Chimie et de Physique*, 5ᵉ série, t. IX, p. 26; 1876); l'une d'elles étant celle d'un acide fort, comparable à l'acide chlorhydrique; la seconde, celle d'un acide faible, de l'ordre de l'acide acétique et déplaçable par les acides forts; la troisième, enfin, comparable à celle des phénols et alcools, que l'action de l'eau suffit pour tenir en équilibre et séparer de leurs combinaisons avec les alcalis. M. Sabatier, dans un beau Mémoire (*Annales de Chimie et de Physique*, 6ᵉ série, t. XVIII, p. 409; 1889), a tiré parti de ces diversités, traduites par l'action de certains colorants, pour étudier méthodiquement les changements graduels des dissolutions d'acide métaphosphorique. Mais ces colorants ne permettent pas de distinguer l'acide pyro- de l'acide ortho-, ni de définir les conditions où le même acide pyro- prend naissance, ou se modifie. C'est précisément ce dernier problème que nous avons cherché à aborder et qui nous a conduits, en outre, à reconnaître certaines transformations nouvelles que l'acide métaphosphorique éprouve dans ses dissolutions aqueuses. Il y a là des problèmes fort intéressants, qui touchent à la fois l'analyse et la mécanique chimiques.

» La présente Note est consacrée spécialement à l'étude d'un procédé analytique, relatif à l'acide pyrophosphorique.

» Le principe de ce procédé analytique a été signalé dans la Pharmacopée américaine. Nous y avons apporté des perfectionnements essentiels, dans la marche des manipulations et surtout dans la nature du produit sur lequel porte la pesée finale. Nous précipitons l'acide pyrophosphorique par un mélange de chlorure de magnésium, de chlorhydrate et d'acétate d'ammoniaque, en présence d'un excès notable d'acide acétique : on fait

était professeur de l'Université, a succombé, comme Félix Tisserand, dans toute la force de l'âge. Avec eux disparaissent les deux plus illustres représentants de l'Astronomie mathématique sur le continent.

» Gyldén montra de bonne heure les plus heureuses dispositions; il avait à la fois du goût pour la musique, la peinture et les Sciences mathématiques. Ses études achevées à l'Université d'Helsingfors, il se rendit à Gotha, auprès de Hansen, l'émule de Le Verrier et de Delaunay, puis à l'observatoire de Poulkovo, où son mérite exceptionnel lui valut bientôt le grade de titulaire. Les astronomes savent de quels progrès l'Astronomie de précision lui est redevable; ses admirables séries d'observations avec le cercle vertical tiennent une place d'honneur. En même temps, Gyldén s'occupait de recherches théoriques importantes. L'Académie des Sciences de Stockholm voulut s'adjoindre le jeune maître et lui confia son observatoire en 1871.

» Gyldén est surtout connu dans le monde savant par les travaux qu'il a poursuivis depuis la mort de Le Verrier sur la théorie générale des perturbations. En procédant à une revision des méthodes d'approximation de la Mécanique céleste, il a rendu à cette branche de l'Astronomie les services les plus éminents. La dignité de la Science exigeait, à ses yeux, que l'on recherchât les caractères généraux des trajectoires que l'ellipse de Képler ne peut remplacer, en principe, que dans un seul moment. Son grand *Traité des orbites absolues des huit planètes principales*, qui devait comprendre trois gros Volumes, répondait à cet objet. Le Tome premier a été seul publié; le travail de préparation des autres était très avancé. Gyldén n'a pas eu, comme Tisserand, la satisfaction de laisser après lui un monument achevé. Les soins pieux de ses élèves y suppléeront, il faut l'espérer.

» Telle était, sur le continent, la renommée de Gyldén, qu'un grand nombre d'étudiants venaient de différents pays pour écouter ses leçons. Il savait leur communiquer la noble passion pour la Science qui l'animait : son enthousiasme gagnait ses élèves en même temps que leur esprit bénéficiait de la richesse d'idées du maître. Ce fut un véritable chef d'école, dont le noble caractère appelait le respect, tandis que sa nature simple et cordiale inspirait l'affection. »

CHIMIE. — *Recherches sur l'acide phosphorique : dosage de l'acide pyrophosphorique;* par MM. Berthelot et G. André.

I.

« Dans le cours de nos recherches sur les sucres, nous avons été conduits à reprendre l'étude des transformations réciproques des divers acides phosphoriques, tels que l'acide méta-, monobasique, l'acide pyro-, bi- ou plutôt tétrabasique, et l'acide ortho-, autrement dit acide normal, tribasique. Rappelons d'abord que les trois basicités de ce dernier offrent des caractères tout à fait distincts les unes des autres, d'après les recherches thermochimiques de MM. Berthelot et Louguinine (*Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. IX, p. 26; 1876); l'une d'elles étant celle d'un acide fort, comparable à l'acide chlorhydrique; la seconde, celle d'un acide faible, de l'ordre de l'acide acétique et déplaçable par les acides forts; la troisième, enfin, comparable à celle des phénols et alcools, que l'action de l'eau suffit pour tenir en équilibre et séparer de leurs combinaisons avec les alcalis. M. Sabatier, dans un beau Mémoire (*Annales de Chimie et de Physique*, 6e série, t. XVIII, p. 409; 1889), a tiré parti de ces diversités, traduites par l'action de certains colorants, pour étudier méthodiquement les changements graduels des dissolutions d'acide métaphosphorique. Mais ces colorants ne permettent pas de distinguer l'acide pyro- de l'acide ortho-, ni de définir les conditions où le même acide pyro- prend naissance, ou se modifie. C'est précisément ce dernier problème que nous avons cherché à aborder et qui nous a conduits, en outre, à reconnaître certaines transformations nouvelles que l'acide métaphosphorique éprouve dans ses dissolutions aqueuses. Il y a là des problèmes fort intéressants, qui touchent à la fois l'analyse et la mécanique chimiques.

» La présente Note est consacrée spécialement à l'étude d'un procédé analytique, relatif à l'acide pyrophosphorique.

» Le principe de ce procédé analytique a été signalé dans la Pharmacopée américaine. Nous y avons apporté des perfectionnements essentiels, dans la marche des manipulations et surtout dans la nature du produit sur lequel porte la pesée finale. Nous précipitons l'acide pyrophosphorique par un mélange de chlorure de magnésium, de chlorhydrate et d'acétate d'ammoniaque, en présence d'un excès notable d'acide acétique : on fait

digérer pendant trois ou quatre heures, dans un bain-marie bouillant. Dans ces conditions, le pyrophosphate de magnésie se précipite, tandis que le phosphate normal demeure dissous; mais la composition du précipité est variable et exige une nouvelle transformation, qui change l'acide pyro en acide ortho; ce dernier étant ensuite précipité définitivement sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien.

II.

» Présentons la vérification du procédé.

» 1. A cet effet, il est nécessaire d'opérer sur une liqueur renfermant un poids bien connu d'acide pyrophosphorique. C'est pourquoi on a dissous du pyrophosphate de soude, cristallisé et pur, dans l'eau, en proportion telle qu'un litre de liqueur contînt $6^{gr},11$ de phosphore. Cette proportion a été mesurée en faisant bouillir un volume déterminé de liqueur avec de l'acide azotique, pendant quelques heures, afin de transformer l'acide pyrophosphorique en acide normal; puis on a précipité ce dernier à l'état de phosphate ammoniacomagnésien et on l'a dosé à la manière ordinaire, en ramenant ce dernier par calcination à l'état de $P^2O^7Mg^2$. Les chiffres obtenus concordent avec le poids initial du pyrophosphate; mais ils sont plus exacts, en raison de l'incertitude que laisse la détermination de l'eau de cristallisation des sels de soude.

» 2. Nous avons donc en main une liqueur renfermant un poids connu d'acide pyrophosphorique. Nous en précipitons le pyrophosphate magnésien, ainsi qu'il a été dit; puis nous régénérons l'acide orthophosphorique, que nous dosons enfin à la façon ordinaire.

» 3. Donnons quelques détails complémentaires sur le pyrophosphate magnésien.

» Le pyrophosphate sodique est précipité par un mélange de chlorure de magnésium, de chlorhydrate d'ammoniaque et d'ammoniaque libre (mixture magnésienne); ce précipité peut être redissous dans un grand excès de sel ammoniac. L'addition de l'acide acétique en excès ne reprécipite pas immédiatement la liqueur, même portée à l'ébullition, mais, au bout de quelques instants, le précipité reparaît. Cependant, ce n'est qu'en prolongeant l'ébullition, pendant une heure environ, que l'on arrive à une précipitation complète. Ces détails s'appliquent à un mélange d'acides ortho et pyrophosphorique. Quand il existe de l'acide méta, la méthode cesse

d'être applicable en général, parce que certains dérivés de cet acide fournissent également des sels magnésiens insolubles dans l'acide acétique : nous reviendrons sur ce cas, ainsi que sur les caractères analytiques propres à le discerner.

» 4. Voici les résultats de notre étude sur la composition du pyrophosphate magnésien précipité.

» La dissolution de pyrophosphate de soude a été précipitée par le mélange magnésien, en présence de l'acide acétique, et en suivant la marche définie plus haut. On a recueilli, lavé, séché, calciné, pesé le précipité : on a reconnu ainsi que son poids ne saurait être pris comme la mesure de celui de l'acide pyrophosphorique. En effet, si l'on calcule le poids du phosphore d'après celui du précipité, supposé répondre à $P^2O^7Mg^2$, on trouve des résultats variables et généralement plus faibles que le poids véritable. Par exemple, on a calculé :

1re série d'analyses...........	5gr,96	et	5,93	au lieu de 6,11.
2e série »	5gr,72	et	5,58	

» Cependant le précipité renferme bien la totalité de l'acide phosphorique, comme nous l'avons vérifié, la liqueur filtrée n'en retenant plus une proportion appréciable; mais c'est la dose de magnésie qui varie dans ce précipité. Nous nous en sommes assurés, non seulement par différence, mais en reprenant le précipité et en y dosant séparément, d'une façon directe, le phosphore et le magnésium. Nous avons reconnu ainsi que le rapport atomique $\frac{P}{Mg}$ varie de $\frac{1}{1}$ à $\frac{1}{0,82}$.

» En d'autres termes, le pyrophosphate de magnésie renferme plus ou moins de magnésium, selon les conditions de sa précipitation ; circonstance attribuable à l'intervention de l'acide acétique et au partage du second atome de magnésium entre les acides pyrophosphorique et acétique : ce partage résulte de la force inégale des basicités de l'acide pyrophosphorique, la moitié de celles-ci répondant, d'après les mesures thermochimiques, à celle des acides forts, tels que l'acide chlorhydrique, et l'autre moitié à celle des acides plus faibles, tels que l'acide acétique.

» 5. C'est ainsi que nous avons reconnu la nécessité de redissoudre le pyrophosphate magnésien dans l'acide azotique étendu et de faire bouillir doucement la liqueur, pendant une heure, avec cet agent; de façon à ramener tout le phosphore à l'état d'acide ortho, que l'on précipite ensuite d'une façon régulière. Cette précaution a été prise dans toutes les analyses qui vont suivre.

III. — Analyse d'un mélange d'acides pyrophosphorique et orthophosphorique.

» Cette analyse s'effectue de la manière suivante :

» 1° On précipite d'abord l'acide pyrophosphorique à l'état de pyrophosphate magnésien, que l'on redissout dans l'acide azotique; on fait bouillir, puis on sursature d'ammoniaque et l'on reprécipite cette fois sous la forme de phosphate ammoniaco-magnésien, dont la calcination, suivie de pesée, permet de calculer le poids initial du phosphore qui se trouvait à l'état initial d'acide pyrophosphorique.

» 2° La liqueur filtrée, après la première précipitation, renferme l'acide orthophosphorique. On la concentre au bain-marie, puis on précipite cet acide par l'ammoniaque, sous la forme de phosphate ammoniaco-magnésien, dont la calcination, suivie de pesée, permet de calculer le poids initial de l'acide orthophosphorique.

» Pour contrôler l'exactitude de ce procédé, on a fait des expériences synthétiques.

» Une liqueur, renfermant $0^{gr},0620$ de phosphore, à l'état de pyrophosphate de soude, a été mêlée avec une liqueur renfermant $0^{gr},0310$ de phosphore, à l'état d'acide orthophosphorique; total : $0^{gr},0930$.

» Le dosage a donné :

	I.	II.	III.
Phosphore ortho.......	0,0307	0,0300	0,0299
» pyro.......	0,0625	0,0604	0,0622
	0,0932	0,0914	0,0921

» On voit par là que la stabilité de l'acide pyrophosphorique est telle qu'une ébullition de quelques heures, avec l'acide acétique et le mélange magnésien, n'en fait pas varier sensiblement la dose. Il est clair que si cette ébullition se prolongeait beaucoup plus, on finirait par transformer l'acide pyro en acide ortho. Mais les essais ci-dessus montrent que la séparation et le dosage des deux acides peuvent être effectués avec une précision suffisante. »

CHIMIE. — *Transformations de l'acide pyrophosphorique;* par MM. Berthelot et André.

« On sait que l'acide pyrophosphorique peut être préparé en chauffant l'orthophosphate bisodique, PO^4Na^2H, de façon à en chasser l'hydrogène

sous forme d'eau

$$2PO^4Na^2H = P^2O^7Na^4 + H^2O.$$

» Cela fait, on précipite l'acide sous forme de sel plombique, que l'on décompose par l'hydrogène sulfuré ; ou bien sous forme de sel argentique, que l'on décompose par l'acide chlorhydrique, exactement équivalent. On doit se demander d'abord si les liqueurs ainsi obtenues renferment de l'acide pyrophosphorique pur, et jusqu'à quel point cet acide s'y conserve sous l'influence du temps.

» On doit également se demander si l'acide pyrophosphorique peut être obtenu directement, par la déshydratation ménagée de l'acide orthophosphorique ; déshydratation qui a, comme on sait, pour terme final l'acide métaphosphorique.

» En sens inverse, l'acide métaphosphorique, en se dissolvant, repasse-t-il par l'état d'acide pyro-, avant de revenir à l'état d'acide orthophosphorique par une hydratation complète ?

» Nous allons examiner ces diverses questions.

I.

» 1. Acide pyrophosphorique préparé au moyen du pyrophosphate de plomb précipité et décomposé à froid par H^2S. — On filtre, on élimine l'excès du gaz sans chauffer, en plaçant la liqueur dans le vide, sur la potasse en morceaux, pendant quelques heures. Cette liqueur est fort étendue ; mais nous n'avons pas cru devoir la concentrer, dans la crainte que la chaleur, et même le temps seul n'y transformassent l'état de l'acide. Elle contenait par litre $6^{gr},82$ de phosphore, ou $15^{gr},6$ d'acide P^2O^5.

» 2. Cette liqueur a été titrée alcalimétriquement par la soude, d'une part, en présence de la tropéoline, d'autre part en présence de la phtaléine ; le titre indiqué par le second réactif était très sensiblement double du premier : ce qui répond à la constitution connue de l'acide pyrophosphorique, dont la moitié de la basicité correspond à celle des acides forts, tels que l'acide chlorhydrique, l'autre moitié à celle des acides plus faibles, de l'ordre de l'acide acétique. L'acide ortho se comporte d'ailleurs de la même manière à l'égard des deux colorants précédents. Dès lors, l'épreuve ci-dessus prouve seulement que la dissolution mise en expérience ne renfermait pas d'acide méta : vérification utile ; car, d'après la formule $P^2O^7H^4$,

l'acide pyrophosphorique pourrait être susceptible de se séparer d'abord en acides méta et ortho :

$$P^2O^7H^4 = PO^4H^3 + PO^3H.$$

Mais, dans nos recherches, ce genre de dédoublement n'a pas été observé, au moins dans la limite d'erreur du dosage par colorants : ce qui paraît tenir à ce que la vitesse de transformation de l'acide méta en acide ortho est beaucoup plus considérable que celle de l'acide pyro.

» 3. La liqueur précédente a été abandonnée à la température ordinaire, pendant la durée de trois mois. On y a dosé l'acide pyrophosphorique, par la méthode que nous avons décrite. Voici les résultats, rapportés à 100 parties du phosphore contenu dans la liqueur. L'expérience a commencé le 30 novembre 1895.

		Poids transformé en acide ortho depuis l'origine.
Après 2 jours	91	4
» 5 »	87	
» 10 »	83	8
» 19 »	76,5	14,5
» 52 »	69,5	21,5
» 89 »	58	33
» 110 »	49,5	41,5
» 121 »	43,1	47,9

» Pendant tout le cours et à la fin de l'expérience, le titre acide, mesuré par la phtaléine, est demeuré identique au titre initial : ce qui exclut, comme il vient d'être dit, la formation même temporaire de l'acide métaphosphorique.

» En tout cas, la transformation de l'acide pyro en acide ortho s'effectue d'une manière continue, en se ralentissant de plus en plus ; à mesure que la liqueur devient plus diluée en acide pyro, par suite de la transformation elle-même. Dès le début, la liqueur renfermait 9 centièmes de phosphore à l'état d'acide ortho, produit pendant les manipulations préliminaires. La vitesse de la réaction doit dès lors être estimée à partir de cet état.

» La loi exacte de la vitesse de transformation ne saurait être calculée, d'après ces nombres, en raison des variations de la température ; variations qui influent dans une proportion extrêmement considérable sur la

vitesse, comme l'un de nous l'a montré lors de ses recherches sur la formation des éthers, dont la vitesse est fonction exponentielle de la température ([1]).

» Dans ses recherches sur l'acide métaphosphorique, M. Sabatier a trouvé que cette influence, pour une certaine concentration, répondait au chiffre 0,00032 à 0°, s'élevait à 0,0032 à 19°, et à 0,25 à 61°; c'est-à-dire qu'elle répondait à des valeurs 100 fois et 800 fois plus fortes.

» En tous cas, la transformation de l'acide pyrophosphorique en acide ortho est incomparablement plus lente que celle de l'acide méta : la transformation d'une liqueur métaphosphorique renfermant 15gr de phosphore au litre, par exemple, étant terminée, vers 14°, au bout de trente jours (Sabatier).

II.

» Nous avons cru utile d'examiner la transformation avec une liqueur préparée de même au moyen du sel de plomb, mais deux fois plus étendue, et renfermant 3gr,38 de phosphore au litre. Elle contenait les doses suivantes de phosphore sous forme d'acide pyro, en centièmes du produit initial :

Après 20 heures	95,6	2,7
» 44 (2 jours	92,9	
» 16 jours	88,2	7,4
» 48 »	84,2	11,4
» 85 »	72,7	22,9
» 193 »	52,8	42,8

» L'expérience a commencé le 5 décembre 1895. Elle a été poursuivie aux mêmes températures ambiantes que la précédente.

» Il résulte de ces chiffres, comparés à ceux de la première série, que la vitesse de transformation de l'acide pyro en acide ortho croît en raison directe de la concentration.

» M. Sabatier a fait une remarque analogue pour l'acide méta.

» Le ralentissement des transformations des acides méta et pyrophosphoriques avec la dilution est conforme à cette relation générale, constatée dans les expériences de M. Berthelot, en vertu de laquelle la vitesse d'une réaction chimique, *opérée à température constante* (c'est-à-dire en absorbant ou en restituant la chaleur mise en jeu dans la réaction même), dimi-

([1]) *Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 93.

nue à mesure que l'état de dilatation de la matière qui l'éprouve augmente (*Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 94 et 62).

III.

» Voici une troisième série d'essais, exécutés avec un acide pyrophosphorique, préparé en décomposant à froid le pyrophosphate d'argent par une quantité strictement équivalente d'acide chlorhydrique ; la liqueur filtrée ne contenait ni chlore, ni argent. Elle renfermait, par litre : $3^{gr},492$ de phosphore, sensiblement la moitié de la liqueur (I), et à peu près la même quantité que la liqueur (II). L'expérience a été commencée le 4 décembre 1895.

» Les dosages ont fourni, en centièmes :

	Phosphore à l'état d'acide pyrophosphorique.	Poids transformé.
Après 15^h	96,0	2,6
» 63^h (deux jours et demi)	93,4	
» 13 jours et demi	91,4	4,6

» La variation est analogue à celle de la série précédente.

» L'acide pyrophosphorique, mis en œuvre dans les essais ci-dessus, avait été préparé avec le sel de soude, obtenu par la déshydratation de l'orthophosphate bibasique. On peut se demander si l'on obtient le même acide, en opérant directement la déshydratation de l'acide orthophosphorique. Pour répondre à cette question, nous avons pris de l'acide ortho cristallisé et nous l'avons chauffé doucement dans une capsule de platine, en pesant de temps en temps (après refroidissement momentané sous une cloche), de façon à définir approximativement l'état d'hydratation. Celle-ci étant arrêtée à un certain moment, on détermine, par un dosage direct, la composition exacte de l'acide : précaution indispensable à cause de la volatilité sensible de l'acide phosphorique.

Nous avons vérifié cette volatilité à maintes reprises dans nos analyses. Citons seulement les nombres suivants :

» On a pris $8^{gr},3293$ d'acide cristallisé renfermant $2^{gr},4195$ de phosphore : soit sur 100 parties, $P = 29,0$, c'est-à-dire $PO^4H^3 = 91,8$; ce qui répond sensiblement à $2PO^4H^3.H^2O$.

» On les a chauffés. Le produit obtenu pesait $6^{gr},3476$, et renfermait maintenant $2^{gr},3160$ de phosphore; soit $P^2O^5 = 5^{gr},3044$, et $H^2O = 1^{gr},0432$. Rapport atomique $\frac{P^2O^5}{H^2O} = \frac{1}{1,55}$. Phosphore volatilisé : $0^{gr},1035$ ou 4,3 cen-

tièmes. On était parvenu à un terme moyen entre les acides pyro et méta.

» Cette volatilisation ne commence à se manifester que lorsqu'on a atteint la limite à laquelle l'acide méta devrait commencer à se former, d'après le calcul; elle est surtout considérable quand on opère sur un acide pur. Au contraire, elle est presque insensible, tant que l'on ne dépasse pas la limite calculée pour l'acide pyro, ainsi qu'il résulte de l'essai suivant :

» $1^{gr},9237$ de l'acide cristallisé précédent, renfermant $P = 0^{gr},5586$, ont été ramenés par chauffage au poids de $1^{gr},6236$, contenant $P = 0,557$, soit

$$P^2O^5 = 1^{gr},2757 \qquad \text{et} \qquad H^2O = 0^{gr},3479.$$

» Rapport atomique :

$$\frac{P^2O^5}{H^2O} = \frac{1}{2,16}.$$

» Ceci étant reconnu, nous avons cherché à doser l'acide pyrophosphorique dans les produits obtenus par une déshydratation convenable. Soit le dernier produit $\frac{P^2O^5}{H^2O} = \frac{1}{2,16}$; ces rapports répondraient, d'après le calcul, à de l'acide pyrophosphorique mélangé avec une petite quantité d'acide ortho, soit 84 parties de phosphore pyro pour 16 ortho. Cependant le dosage effectif a indiqué seulement 56,4 centièmes de phosphore à l'état d'acide pyro : d'où résulterait l'existence simultanée de 29,8 de phosphore ortho, pour 13,8 de phosphore méta.

» On a vérifié que l'acide pyro ainsi obtenu se transforme ensuite dans la liqueur sous l'influence du temps, avec la lenteur signalée dans les précédentes expériences.

» On voit par ces chiffres que la formation de l'acide méta commence, avant même que la déshydratation corresponde à la formule de l'acide pyro.

» En d'autres termes, dans le cours de la déshydratation de l'acide orthophosphorique, il se produit des équilibres, en vertu desquels les trois acides coexistent. On voit en même temps que si, durant le chauffage, on avait dépassé le terme de la déshydratation répondant au pyro, il ne suffirait pas d'ajouter ensuite de l'eau pour rétablir un état identique.

» Lorsque la déshydratation est poussée au delà du terme correspondant à l'acide pyro, les phénomènes deviennent plus compliqués, en raison

de la polymérisation partielle de l'acide métaphosphorique, laquelle donne lieu à des acides $(PO^3H)^n$, et probablement aussi à des dérivés intermédiaires entre PO^3H et $P^2O^7H^4$, tels que $P^3O^{10}H^5$, $P^4O^{13}H^6$ et autres, prévus suivant la théorie générale des composés polyatomiques, formulée par l'un de nous à l'occasion de la glycérine et des sucres et hydrates de carbone [1]; théorie acceptée généralement aujourd'hui et facile à traduire en formules dites *de constitution*.

» Nous reviendrons prochainement sur ces questions, en étudiant les changements successifs de l'acide métaphosphorique. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les terres du groupe yttrique contenues dans les sables monazités*. Note de MM. **P. Schutzenberger** et **Boudouard.**

« Dans une précédente Note [2], nous avons eu l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie des Sciences sur les terres du groupe yttrique (terres non précipitables sous forme de sulfate double, par le sulfate de potassium en solution saturée) contenues dans les sables monazités de la Caroline du Nord. Nous avons appliqué, pour arriver à les séparer et à réduire leur mélange en espèces définies : 1° la méthode des cristallisations fractionnées à chaud des sulfates; 2° la méthode de décomposition partielle des nitrates, opérée entre 300° et 330°, en suivant le travail de séparation par la détermination des poids atomiques faite par décomposition au rouge vif d'un poids connu de sulfate et pesée de l'oxyde résidu.

» Nous avons constaté ainsi que lorsque la méthode de cristallisation fractionnée des sulfates ne donnait plus lieu à une séparation appréciable, les poids atomiques fournis par les diverses fractions restant sensiblement constants, on arrivait encore à des séparations très marquées par la décomposition partielle des nitrates.

» En partant d'un mélange de terres bien débarrassées de thorium, cérium, lanthane et didyme, donnant comme poids atomique moyen du métal correspondant des nombres variant entre 105 et 108, nous avons pu isoler ainsi des portions dont les poids atomiques étaient compris entre

(1) Berthelot, *Leçons sur les principes sucrés, professées devant la Société chimique de Paris, en* 1862, p. 221 et p. 287 et suivantes. — *Chimie organique fondée sur la synthèse*, t. II, p. 43; 1860.

(2) *Comptes rendus*, t. CXXII, p. 697.

96 (limite inférieure) et 150 (limite supérieure). L'une de ces portions, qui nous a semblé offrir un caractère de stabilité assez grand, conduisait au poids atomique 102-103.

» Pour arriver à des conclusions plus serrées, nous avons combiné le contrôle de la détermination des poids atomiques avec l'examen spectroscopique (spectre d'étincelle éclatant sur le chlorure dissous).

» Voici, en résumé, les résultats obtenus par la décomposition fractionnée des nitrates.

» On réunit les terres qui, par cristallisation fractionnée des sulfates, à chaud, ont donné des poids atomiques voisins; on transforme en nitrate que l'on sèche et que l'on chauffe dans une capsule cylindrique en platine, plongée dans un bain fondu de nitrates de potassium et de sodium (à molécules égales), porté entre 310° et 330°. Lorsque la masse, d'abord fluide, cesse d'émettre des vapeurs d'acide azotique et de peroxyde d'azote et se trouve transformée en un produit solide, cristallisé, qui ne change plus de poids, on traite par l'eau bouillante qui sépare un sous-nitrate insoluble. La solution est évaporée à sec et le résidu est soumis, dans les mêmes conditions, à la décomposition partielle.

» Les sous-nitrates ainsi obtenus et la dernière eau-mère sont séparément transformés en sulfates que l'on fait cristalliser et qui sont décomposés par la chaleur (rouge vif) pour déterminer les poids atomiques correspondants.

» Dans certains cas, lorsque la quantité de matière ne permet pas de multiplier les séparations, on se contente de partager en sous-nitrate et en eau-mère.

I. — *Mélange de terres dont les poids atomiques des métaux correspondants sont compris entre* 104,2 *et* 104,65.

	Poids atomiques correspondants.
Sous-nitrate n° 1	107,95
» n° 2	105,60
» n° 3	102,2
Eau-mère	103,0

» Le sous-nitrate transformé en nitrate et fractionné à son tour par décomposition partielle, a donné :

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	101,25
Eau-mère	102,45

II. — *Terres à poids atomiques égaux à* 97.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	104,5
» n° 2	101,75
Eau-mère	95,1

III. — *Autre mélange de terres à poids atomiques compris entre* 97,5 *et* 97,7.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	103,8
» n° 2	98,5
» n° 3	95,6
Eau-mère	96,0

IV. — *Mélange de terres à poids atomiques compris entre* 105 *et* 109.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	113,35
» n° 2	109,00
» n° 3	106,45
» n° 4	104,0
» n° 5	102,0
Eau-mère	106,5

» Remarquons que, dans cette série, le poids atomique correspondant à l'eau-mère est notablement supérieur à celui du dernier sous-nitrate (n° 5) et très voisin du poids atomique initial.

V. — *Mélange de terres à poids atomiques compris entre* 111,3 *et* 115,7.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	122,0
» n° 2	118,45
» n° 3	111,2
» n° 4	109,95
Eau-mère	108,45

VI. — *Mélange de terres à poids atomiques voisins de* 122.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	142,0
» n° 2	126,0
» n° 3	117,8
Eau-mère	110,5

VII. — *Mélange de terres à poids atomiques compris entre* 108,45 *et* 111,0.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	115,2
» n° 2	110,2
Sous-nitrate n° 3	108,55
» n° 4	105,03
» n° 5	104,25
Eau-mère	109,01

» Ici aussi on voit le résidu (eau-mère) conserver un poids atomique très voisin de celui de la terre initiale, les sous-nitrates successifs ayant des poids atomiques décroissants, d'abord supérieurs à celui du début, puis notablement inférieurs.

VIII. — *La terre de l'eau-mère du n° VII, poids atomique* 109,1, *a donné par une nouvelle séparation*

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	105,2
Eau-mère	111,5

IX. — *La terre de l'eau-mère du n° VIII, poids atomique* 111,5, *a donné*

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	103,0
Eau-mère	111,0

X. — *La terre de l'eau-mère du n° IX, poids atomique* 111,0, *a donné*

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	99,1
Eau-mère	111,5

» Dans les séries VIII, IX, X on voit l'eau-mère, c'est-à-dire le nitrate non décomposé, conserver le poids atomique initial, tandis que le sous-nitrate, qui, en masse, représente environ le tiers du produit employé, offre un poids atomique notablement inférieur à celui du produit initial.

» En réunissant les séries VII à X qui se font suite, on a

Poids atomique initial : 108,5-111.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	115,2
» n° 2	110,2
» n° 3	108,55

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 4	105,3
» n° 5	104,25
» n° 6	105,2
» n° 7	103,0
» n° 8	99,0
Eau-mère	111,0

XI. — *Mélange de terres à poids atomique compris entre* 104,0 *et* 106,5.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	103,7
Eau-mère	100,15

» La moyenne, le partage s'étant effectué à poids égaux, est 101,4, notablement inférieure à 105, moyenne initiale.

XII. — *La terre du sous-nitrate n° 1 du n° XI, poids atomique* 103,7, *a donné la série :*

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	111,1
» n° 2	106,05
» n° 3	105,75
Eau-mère	103,4

» Dans cette série, la moyenne des résultats (106,6) est supérieure au point de départ.

XIII. — *Terre des eaux-mères du n° XI, poids atomique* 100,15.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	105,4
» n° 2	103,1
» n° 3	103,25
Eau-mère	109,3

» Ici encore la moyenne 106,1 des résultats est notablement supérieure au point de départ 100,15.

XIV. — *Terres à poids atomiques compris entre* 142 *et* 145.

	Poids atomique.
Sous-nitrate n° 1	155,75
Eau-mère	137,4

XV. — *Eau-mère du n° XIV, poids atomique* 137,4.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	150,2
Eau-mère	123,25

XVI. — *Terre à poids atomiques compris entre* 150 *et* 155,75.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	162,5
Eau-mère	148,3

XVII. — *Terre à poids atomique égal à* 97,7.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	98,7
Eau-mère	97,5

XVIII. — *Autre mélange de terres à poids atomiques compris entre* 95 *et* 99.

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	103,6
Sous-nitrate n° 2	97,5
Eau-mère	96,7

XIX. — *Le sous-nitrate n° 1 du n° XVIII fractionné à nouveau a donné*

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	108,5
Eau-mère	98,5

XX. — *Mélange de terres à poids atomiques compris entre* 103,1 *et* 103,4 :

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	103,8
Sous-nitrate n° 2	101,3
Eau-mère	105,05

» XXI. Dans nos longues recherches qui ont porté sur le produit de près de 10^{kg} de sables monazités, nous n'avons obtenu que très peu de terres, 4^{gr} à 5^{gr}, à poids atomiques inférieurs à 96. Le mélange de ces terres, à poids atomiques compris entre 93 et 94,5, a donné :

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	100,1
Eau-mère	93,3

» L'eau-mère, 93,3, fractionnée à son tour, a donné :

	Poids atomiques.
Sous-nitrate n° 1	96,1
Eau-mère	91,25

» Ce dernier résultat seul se rapproche du poids atomique de l'yttria, 89.

» *Examen spectroscopique.* — Malgré cette grande diversité dans les poids atomiques déterminés par une méthode simple qui ne prête pas à l'erreur, toutes ces terres, depuis 91,25 jusqu'à 148, donnent un spectre d'étincelle sur chlorure semblable et se confondant avec celui du mélange initial. Ce spectre présente surtout deux bandes caractéristiques ombrées à gauche, formées par la juxtaposition de lignes occupant : (*a*) l'espace compris entre les numéros 69 et 73 du micromètre de notre appareil dont la division 90 coïncide avec la raie D du sodium

$$\lambda = 618 \text{ à } 614;$$

et (*b*) l'espace compris entre les divisions 80 et 85

$$\lambda = 602 \text{ à } 595,5.$$

On constate, en outre, mais d'une façon moins marquée, diverses raies dont les plus apparentes sont :

» (*c*) située de 188 à 190 $\lambda = 499 - 497,5$

et

» (*d*) située de 217 à 220 $\Lambda = 481,5 - 480.$

» En résumé, les spectres observés semblent se confondre avec celui de l'yttria et la conclusion, si on se bornait à l'étude spectrale, serait certainement que les terres examinées par nous sont de l'yttria presque pure, tout au plus souillée par quelques centièmes de terres étrangères.

» Cette conclusion n'est pas admissible, puisque nous avons retiré du mélange initial une quantité notable de terres à poids atomiques élevés allant jusqu'à 150, qui, toutes, donnent le même spectre.

» Nous nous trouvons donc ici en face de deux ordres de faits, tous deux bien établis, et qui semblent contradictoires. Dans une prochaine Note, nous discuterons les hypothèses que soulèvent ces résultats et qui permettent d'arriver à faire accorder les données de l'analyse spectrale et celles des poids atomiques. »

GÉOGRAPHIE. — *Détermination des positions de Santa Cruz de Tenerife, Saint-Louis (Sénégal) et Dakar; mesures d'intensité de la pesanteur;* par M. **Bouquet de la Grye**.

« Le Mémoire présenté à l'Académie fait partie du cinquième Volume des *Annales du Bureau des Longitudes,* qui est en cours de publication.

» Il contient la série des observations faites par MM. Cecilio Pujazon, directeur de l'observatoire de San Fernando; Driencourt, sous-ingénieur hydrographe, et moi.

» La latitude des points précités a été déterminée à une approximation de moins d'une demi-seconde d'arc, et les différences de longitude ont été obtenues à quelques centièmes de seconde de temps, malgré l'emploi de signaux télégraphiques passant par un câble sous-marin.

» L'intensité relative de la pesanteur a été recherchée en cinq points, à l'aide de deux pendules à longueur invariable. Ce système se recommande par la facilité et la rapidité des observations et par l'exactitude des résultats; il est, en même temps, très économique.

» Grâce à la bienveillance du Gouvernement espagnol et des autorités de Tenerife, j'ai pu étudier en deux points, aux stations de Santa Cruz et d'Orotava, l'influence de la masse de l'île sur la déviation du fil à plomb. Les résultats, s'appuyant sur une triangulation faite par les ingénieurs espagnols, accusent une déviation presque inexplicable.

» A la fin du Mémoire se trouvent les résultats d'observations sur le magnétisme terrestre. »

M. E. **Guyou** fait hommage à l'Académie de deux Mémoires intitulés « Les problèmes de Navigation et la Carte marine; types de calcul et Tables complètes, par M. *E. Guyou* » et « Observations magnétiques en mer, à bord du croiseur *le Dubourdieu,* par le lieutenant de vaisseau *Schwerer;* méthode de réduction des observations, par le capitaine de frégate *E. Guyou* ».

M. Ad. **Carnot** fait hommage à l'Académie d'une brochure qu'il vient de publier, sous le titre « Sur les variations observées dans la composition des apatites, des phosphorites et des phosphates sédimentaires; remarques

sur le gisement et le mode de formation de ces phosphates ». (Extrait des *Annales des Mines,* août 1896.)

NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission qui sera chargée de juger le Concours du prix Lecomte.

MM. Marcel Bertrand, Fouqué, Gaudry, Cornu, Joseph Bertrand, réunissent la majorité des suffrages.

CORRESPONDANCE.

M. **Nansen** adresse des remercîments à l'Académie, qui l'avait nommé Correspondant en 1895, alors qu'on était encore sans nouvelles de son expédition au pôle Nord.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, un Volume intitulé « Enquête médico-psychologique sur les rapports de la supériorité intellectuelle avec la névropathie. — Introduction générale. Émile Zola; par M. *Édouard Toulouse* ».

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'extension que l'on peut donner au théorème de Poisson, relatif à l'invariabilité des grands axes.* Note de M. **H. Andoyer**, présentée par M. Poincaré.

« En recherchant d'une façon précise sous quelle forme il est possible de généraliser les théorèmes de Lagrange et Poisson relatifs à l'invariabilité des grands axes des orbites planétaires, je suis arrivé aux résultats suivants, qui s'appliquent à un problème très général, dont les différents problèmes de la Mécanique céleste ne sont que des cas particuliers.

» Supposons que la position d'un système matériel dépende de la connaissance, en fonction du temps t, de $2r$ variables conjuguées deux à deux, $p_1, p_2, \ldots, p_r$; $q_1, q_2, \ldots, q_r$ vérifiant un système d'équations canoniques

$$\frac{dp_i}{dt} = \frac{\partial R}{\partial q_i}, \qquad \frac{dq_i}{dt} = \frac{\partial R}{\partial q_i},$$

R étant une fonction des éléments (p) et (q), et de t.

» Supposons la fonction R développable en série trigonométrique de la forme

$$R = \Sigma(A_p \cos V_p + B_p \sin V_p),$$

où les coefficients A_p et B_p ne dépendent pas de t, mais seulement des éléments, et où l'argument V_p est de la forme

$$V_p = r_1(n_1 t + c_1) + r_2(n_2 t + c_2) + \ldots + r_\rho(n_\rho t + c_\rho) + U_p,$$

les r_i étant des entiers positifs, négatifs, ou nuls; les quantités n_i et c_i dépendant des éléments; les arguments U_p, enfin, étant des fonctions linéaires connus du temps; d'ailleurs, on a $\rho \leq r$.

» De plus, on suppose, et l'on conserve cette hypothèse dans tous les cas semblables, que la série trigonométrique qui représente R est écrite sous forme symétrique, c'est-à-dire que l'argument V_p peut prendre des valeurs égales et de signes contraires, et que pour deux telles valeurs les coefficients correspondants A_p sont égaux, tandis que les coefficients B_p sont égaux et de signes contraires.

» Si l'on remplace les éléments canoniques par $2r$ autres éléments quelconques $a_1, a_2, \ldots, a_{2r}$, les équations différentielles qui déterminent ces nouveaux éléments sont

$$\frac{da_i}{dt} = \sum_j (a_i, a_j) \frac{\partial R}{\partial a_j},$$

où, d'après les notations de Poisson,

$$(a_i, a_j) = \sum_k \left(\frac{\partial a_i}{\partial p_k} \frac{\partial a_j}{\partial q_k} - \frac{\partial a_i}{\partial q_k} \frac{\partial a_j}{\partial p_k} \right).$$

» Prenons pour éléments (a) les (n), les (c) et $2r - 2\rho$ autres quantités $b_1, b_2, \ldots$; faisons l'hypothèse que les coefficients A_p, B_p, ainsi que les parenthèses $(n_i, n_j), \ldots, (b_k, b_{k'})$, sont indépendants des c_i; posons

$$l_i = \int n_i \, dt, \qquad n_i t + c_i = l_i + e_i;$$

exprimons R à l'aide des n_i, e_i, b_k, l_i, de sorte que t n'y figure explicitement que par les U_p; enfin imaginons que l'on sache *a priori* d'une façon quelconque qu'il est possible de trouver pour les quantités n_i, e_i, b_k des expressions développables en séries trigonométriques analogues à celle qui représente R, les V_p étant des arguments proportionnels aux temps connus, et qu'il en est alors de même des produits $(a_i, a_j) \dfrac{\partial R}{\partial a_j}$.

» Ceci posé, considérons les coefficients A_p, B_p du développement de la fonction perturbatrice R comme des quantités petites du premier ordre, et déterminons successivement les parties des divers ordres des éléments inconnus, par approximations successives.

» Dans la première approximation, quand on néglige complètement R, les a_i ont des valeurs constantes α_i; en particulier n_i et e_i ont pour valeurs ν_i et ε_i, et la quantité l_i a pour valeur $\nu_i t$ ou λ_i.

» Si f est une fonction de la forme $\sum f_i \frac{\partial R}{\partial a_i}$, les f_i étant des fonctions des éléments, on peut, en mettant en évidence ses parties de différents ordres, l'écrire

$$f = f_0 + \delta f + \delta^2 f + \delta^3 f + \ldots,$$

et, d'après les approximations successives, $\delta^n f$ se présente ainsi

$$\delta^n f = X_0^{(n)} + t X_1^{(n)} + t^2 X_2^{(n)} + \ldots + t^n X_n^{(n)},$$

où les fonctions $X_i^{(n)}$ sont périodiques et développables sous la forme

$$\Sigma(Y_p^{(n)} \cos\omega_p + Z_p^{(n)} \sin\omega_p).$$

» Si la fonction R_0, que l'on obtient en donnant, dans R, aux éléments leurs premières valeurs approchées, se développe elle-même en série telle que

$$R_0 = \Sigma(P_p \cos\psi_p + Q_p \sin\psi_p),$$

avec

$$\psi_p = r_1(\lambda_1 + \varepsilon_1) + r_2(\lambda_2 + \varepsilon_2) + \ldots + U_p,$$

les coefficients $Y_p^{(n)}$ et $Z_p^{(n)}$ contiennent précisément $n+1$ facteurs qui sont des P_p ou Q_p, ou des dérivées de ces coefficients par rapport aux α_i; et si $\psi_{p_1}, \psi_{p_2}, \ldots, \psi_{p_{n+1}}$ sont les arguments qui correspondent à ces fonctions, on a

$$\omega_p = \psi_{p_1} + \psi_{p_2} + \ldots + \psi_{p_{n+1}}.$$

» Si l'on considère $X_i^{(n)}$, les ω_p correspondants sont des sommes de ψ_{p_q} vérifiant au moins i relations indépendantes de la forme

$$(a) \qquad \psi_{p_{q_1}} + \psi_{p_{q_2}} + \ldots + \psi_{p_{q_r}} = \text{const.} \qquad (r < n+1),$$

rendant inapplicables les formules générales d'intégration; et, en particulier, pour obtenir la partie constante de $X_i^{(n)}$, il faut encore avoir la nouvelle relation

$$(b) \qquad \psi_p + \psi_{p_2} + \ldots + \psi_{p_{n+1}} = \text{const.}$$

» Cela étant, si la fonction f est en particulier la dérivée, par rapport au temps, d'une fonction quelconque des seuls moyens mouvements n_i, ou encore la dérivée de la fonction de Laplace $\int(d\mathrm{R})$, $(d\mathrm{R})$ étant la différentielle de R prise en faisant varier seulement la position des corps dont on étudie le mouvement, position que l'on suppose dépendre uniquement des a_i et l_i, on arrive au théorème suivant :

» *Pour obtenir la partie constante de $\mathrm{X}_i^{(n)}$, il faut supposer l'existence d'une nouvelle relation de la forme (a) entre les ψ_{p_q}; car les termes obtenus, en supposant seulement la relation (b) et i relations (a), qui existent nécessairement, s'entre-détruisent tous.*

» *En particulier, il en résulte que $\mathrm{X}_{n-1}^{(n)}$ et $\mathrm{X}_n^{(n)}$ n'ont pas de partie constante.*

» Tel est le théorème que j'ai démontré par f_0, δf, $\delta^2 f$ et $\delta^3 f$, c'est-à-dire jusqu'aux termes du quatrième ordre inclusivement, par un calcul direct. La marche de la démonstration permet bien, à ce qu'il semble, de généraliser par induction les résultats effectivement obtenus, et de regarder comme toujours vrai le théorème général que nous venons d'énoncer. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la convergence des substitutions uniformes.* Note de M. **E.-M. Lémeray**.

« On sait que, $f(x)$ désignant une fonction holomorphe, les fonctions $f^2(x)$, $f^3(x)$, ..., obtenues par la répétition de la substitution $[x, f(x)]$, tendent vers une limite unique a, racine de l'équation

$$f(x - x) = 0,$$

si, pour $x = a$, le module de la dérivée de $f(x)$ est inférieur à l'unité, et si x est pris dans une région convenable autour du point a.

» Quand le module considéré est précisément égal à l'unité, on arrive aux résultats suivants. Soit $\frac{2k\pi}{n}$ (k et n étant des entiers premiers entre eux) l'argument de la dérivée pour $x = a$; les n premières dérivées de la fonction $f^n(x - x)$ seront nulles en a, quelles que soient, d'ailleurs, les valeurs que prennent en ce point les dérivées seconde, troisième, ..., $n^{\text{ième}}$ de $f(x)$, pourvu qu'elles ne soient pas infinies. Désignons par $\mathrm{R}e^{\omega\sqrt{-1}}$ la valeur, généralement différente de zéro, que prend en a la $(n+1)^{\text{ième}}$ dérivée de la fonction $f^n(x)$; décrivons un cercle C de rayon infiniment petit, autour de a comme centre; faisons passer par a une droite faisant

avec l'axe réel l'angle $\frac{\frac{\pi}{2} - \omega}{n}$, et, à partir de cette droite, divisons le cercle en $2n$ secteurs égaux, que nous numéroterons 1, 2, ..., $2n$ en tournant dans le sens positif. Les secteurs d'ordre impair seuls pourront être secteurs de convergence pour la substitution considérée, c'est-à-dire que x devra être pris dans un de ces secteurs à l'exclusion des autres, ou du moins qu'après un certain nombre d'itérations on finisse par y pénétrer. La condition est nécessaire, mais non suffisante. Il faudra encore qu'il existe, autour du point a, un domaine non infiniment petit ne contenant aucune racine, différente de a, des équations $f^p(x - x) = 0$, p étant un entier quelconque. »

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur les surfaces à lignes de courbure isométriques.* Note de M. T. Craig, présentée par M. Darboux.

Baltimore, 16 octobre 1896.

« Dans une Note que j'ai eu l'honneur d'adresser à M. Hermite, j'ai remarqué que $\frac{1}{\rho_1}$, $\frac{1}{\rho_2}$, les réciproques des rayons de courbures principaux, sont solutions particulières des équations aux dérivées partielles,

$$(1) \qquad \frac{\partial^2 \varphi_1}{\partial u \partial v} - \frac{\sqrt{G}}{R_2}\frac{\partial \varphi_1}{\partial u} - \left(\frac{\partial}{\partial u}\log\frac{\sqrt{G}}{R_2} + \frac{\sqrt{E}}{R_1}\right)\frac{\partial \varphi_1}{\partial v} = 0$$

$\left(\varphi_1 = \frac{1}{\rho_1} \text{ étant solution particulière}\right)$,

$$(2) \qquad \frac{\partial^2 \varphi_2}{\partial u \partial v} - \left(\frac{\partial}{\partial v}\log\frac{\sqrt{E}}{R_1} + \frac{\sqrt{G}}{R_2}\right)\frac{\partial \varphi_2}{\partial u} - \frac{\sqrt{E}}{R_1}\frac{\partial \varphi_2}{\partial v} = 0$$

$\left(\varphi_2 = \frac{1}{\rho_2} \text{ étant solution particulière}\right)$.

» u, v étant les paramètres des lignes de courbure et R_2, R_1, respectivement, les rayons de courbure géodésique de $u = \text{const.}$, $v = \text{const.}$, c'est-à-dire

$$\frac{1}{R_2} = \frac{-1}{\sqrt{EG}}\frac{\partial\sqrt{E}}{\partial U}, \qquad \frac{1}{R_1} = \frac{-1}{\sqrt{EG}}\frac{\partial\sqrt{G}}{\partial u}.$$

» J'ai aussi remarqué que les suites de Laplace provenant de (1) et (2) sont équivalentes, c'est-à-dire ont les mêmes invariants. Je veux maintenant faire une remarque concernant les équations (1) et (2) elles-mêmes. Ces

deux équations sont identiques si l'on a

$$(3)\qquad \frac{\partial}{\partial u}\log\frac{\sqrt{G}}{R_2}=0 \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial}{\partial v}\log\frac{\sqrt{E}}{R_1}=0.$$

» De (3) nous tirons immédiatement

$$E=U_1V_2, \qquad G=U_2V_1;$$

et pour l'élément linéaire nous avons

$$ds^2=U_2V_2\left(\frac{U_1}{U_2}du^2+\frac{V_1}{V_2}dv^2\right)$$

ou

$$ds^2=\lambda(U\,du^2+V\,dv^2),$$

les U étant fonctions de u seule, et les V fonctions de v seule.

» Les équations (1) et (2) ont maintenant toutes deux la forme

$$(4)\qquad \frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v}+\frac{\partial\log\sqrt{\lambda}}{\partial v}\frac{\partial\varphi}{\partial u}+\frac{\partial\log\sqrt{\lambda}}{\partial u}\frac{\partial\varphi}{\partial v}=0.$$

Mais, dans ce cas, l'équation ponctuelle relative au système conjugué formé des lignes de courbure u et v est

$$(5)\qquad \frac{\partial^2\theta}{\partial u\,\partial v}-\frac{\partial\log\sqrt{\lambda}}{\partial v}\frac{\partial\theta}{\partial u}-\frac{\partial\log\sqrt{\lambda}}{\partial u}\frac{\partial\theta}{\partial v}=0.$$

Et, comme $\lambda=U_2V_2$, nous avons

$$\frac{\partial^2\log\lambda}{\partial u\,\partial v}=0.$$

Il suit donc que (5) est l'adjointe à (4). Nous avons donc le théorème suivant : *Si u et v sont les paramètres des lignes de courbure et si ces lignes forment un système isométrique, tel que*

$$ds^2=\lambda(U\,du^2+V\,dv^2),$$

où

$$\lambda=U_2V_2,$$

alors les réciproques $\frac{1}{\rho_1}$, $\frac{1}{\rho_2}$ des rayons de courbure principaux satisfont à une équation aux dérivées partielles qui est l'adjointe de celle qui est satisfaite par les coordonnées cartésiennes du point (u, v) de la surface. »

MÉCANIQUE. — *Sur une Mécanique réglée*. Note de M. René de Saussure.

« Les principes de Géométrie réglée, exposés dans une Note [1] précédente, s'appliquent sans modification à la Mécanique. Il suffit de remarquer que toute rotation de la sphère fondamentale sur elle-même peut être définie au moyen d'un arc de grand cercle $\overline{AC}(=m+if)$, que l'on suppose porté par l'équateur de la rotation; la distance angulaire des points A et C $\left(=\frac{m+if}{i}\right)$ représentera la vitesse angulaire. L'arc $\overline{AC}$ est un vecteur sphérique et son pôle P reste fixe pendant la rotation. On peut aussi définir tout couple appliqué à la sphère fondamentale, au moyen d'un vecteur sphérique $\overline{AC}$ situé dans le plan du couple; la distance angulaire des points A et C représente alors le moment du couple.

» De même, deux droites A et C dans l'espace, formant entre elles un codistangle $(AC)=\frac{m+\mathrm{I}f}{\mathrm{I}}$, définissent soit un mouvement hélicoïdal, soit un torseur, c'est-à-dire l'ensemble d'un couple et d'une force agissant suivant l'axe du couple. La plus courte distance m des droites A et C figure, dans le premier cas, la vitesse de translation et, dans le second cas, le moment du couple; l'angle f compris entre les deux droites figure, dans le premier cas, la vitesse de rotation et, dans le second, la force. On dira que le codistangle (AC) est un *rectangle*, et l'on voit que l'axe ou pôle de ce rectangle est la droite P qui mesure la plus courte distance entre A et C. La force f est ainsi représentée par un angle situé dans un plan perpendiculaire à sa ligne d'action.

» Les rectangles se composeront comme les vecteurs sphériques : or, si $\overline{AC}$ et $\overline{AC'}$ sont deux vecteurs sphériques, P et P' leurs pôles, le vecteur résultant $\overline{A\Gamma}$ a même origine que les vecteurs composants, et si l'on désigne son pôle par Π, la grandeur et la position du vecteur $\overline{A\Gamma}$ sur la sphère sont déterminées par la loi ordinaire du parallélogramme, c'est-à-dire par les équations

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l} \overline{A\Gamma}=\overline{AC}^2+\overline{AC'}^2+2\overline{AC}.\overline{AC'}\cos(\overline{PP'}) \\ \overline{AC}\sin(\overline{P\Pi})=\overline{AC'}\sin(\overline{\Pi P'}) \\ \overline{P\Pi}+\overline{\Pi P'}=\overline{PP'}. \end{array}\right.$$

[1] *Comptes rendus*, séance du 9 novembre 1896.

» Considérons maintenant deux rectangles quelconques dans l'espace et, pour fixer les idées, supposons que ces rectangles représentent deux torseurs. Soient P et P′ les pôles de ces torseurs, et A la perpendiculaire commune aux droites P et P′; on se donne les forces f et f', ainsi que les moments m et m' des couples relatifs à chaque torseur, la plus courte distance l des pôles P et P′ et leur angle a; on demande de trouver le torseur résultant.

» On peut d'abord déplacer les torseurs composants (par rotation et glissement) autour de leurs pôles respectifs, de manière à leur donner pour origine commune la droite A; appelons C et C′ les droites extrémités des torseurs dans cette position. On aura

$$(\overline{AC}) = \frac{m+\mathrm{I}f}{1}, \qquad (\overline{AC'}) = \frac{m'+\mathrm{I}f'}{1}, \qquad (\overline{PP'}) = \frac{l+\mathrm{I}a}{1}.$$

» La droite A sera aussi la droite origine du torseur résultant $(\overline{A\Gamma})$, c'est-à-dire que le pôle Π de ce torseur rencontre A à angle droit. Dès lors, le pôle Π sera déterminé dès que l'on connaîtra l'un des segments λ et λ' que les droites P, P′ et Π interceptent sur la droite A et l'un des angles α et α', que le pôle Π forme avec les pôles P et P′. Ces inconnues peuvent se grouper de manière à former des codistangles, car on a évidemment

$$\frac{\lambda+\mathrm{I}\alpha}{1} = (\overline{P\Pi}), \qquad \frac{\lambda'+\mathrm{I}\alpha'}{1} = (\overline{\Pi P'}) \qquad \text{et} \qquad \frac{\mu+\mathrm{I}\varphi}{1} = (\overline{A\Gamma}),$$

en appelant φ la force et μ le moment du couple dans le torseur résultant $(\overline{A\Gamma})$. On peut donc appliquer immédiatement les équations (1) relatives à la sphère en remplaçant chaque grandeur par le codistangle correspondant, ce qui donne

$$(2) \quad \begin{cases} \left(\dfrac{\mu+\mathrm{I}\varphi}{1}\right)^2 = \left(\dfrac{m+\mathrm{I}f}{1}\right)^2 + \left(\dfrac{m'+\mathrm{I}f'}{1}\right)^2 \\ \qquad\qquad + 2\left(\dfrac{m+\mathrm{I}f}{1}\right)\left(\dfrac{m'+\mathrm{I}f'}{1}\right)\cos\left(\dfrac{l+\mathrm{I}a}{1}\right), \\ \left(\dfrac{m+\mathrm{I}f}{1}\right)\sin\left(\dfrac{\lambda+\mathrm{I}\alpha}{1}\right) = \left(\dfrac{m'+\mathrm{I}f'}{1}\right)\sin\left(\dfrac{\lambda'+\mathrm{I}\alpha'}{1}\right), \\ \left(\dfrac{\lambda+\mathrm{I}\alpha}{1}\right) + \left(\dfrac{\lambda'+\mathrm{I}\alpha'}{1}\right) = \left(\dfrac{l+\mathrm{I}a}{1}\right). \end{cases}$$

» Il ne reste plus qu'à ramener chacune des équations (2) à la forme $\dfrac{x+\mathrm{I}x'}{1} = \dfrac{y+\mathrm{I}y'}{1}$, au moyen des règles conventionnelles d'opérations rela-

tives aux codistangles et à identifier les deux membres; on arrive ainsi aux équations suivantes :

$$\begin{cases} \varphi^2 = f^2 + f'^2 + 2ff' \cos a, \\ \mu\varphi = mf + m'f' + (mf' + m'f) \cos a - lff' \sin a, \end{cases}$$
$$\begin{cases} f \sin\alpha = f' \sin\alpha', \\ m \sin\alpha + \lambda f \cos\alpha = m' \sin\alpha' + \lambda' f' \cos\alpha', \end{cases}$$
$$\begin{cases} \lambda + \lambda' = l, \\ \alpha + \alpha' = a, \end{cases}$$

qui déterminent les six inconnues φ, μ, λ, α, λ', α'.

» Il est évident que cette solution générale comprend tous les cas particuliers de compositions, car si $\left(\frac{m + \mathrm{I}f}{\mathrm{I}}\right)$ représente un torseur, $\left(\frac{m}{\mathrm{I}}\right)$ représentera un simple couple, puisque alors $f = 0$; si, au contraire, $m = 0$, le torseur se réduit à une force f.

» Du reste les lois générales d'opérations subsistent pour tous les cas particuliers, quoique les équations prennent, dans certains cas, une apparence paradoxale. Ainsi la règle de la multiplication de deux codistangles

$$\left(\frac{\mathrm{A} + \mathrm{IB}}{\mathrm{I}}\right)\left(\frac{\mathrm{C} + \mathrm{ID}}{\mathrm{I}}\right) = \frac{(\mathrm{AD} + \mathrm{BC}) + \mathrm{I}(\mathrm{BD})}{\mathrm{I}}$$

donne pour $\mathrm{B} = 0$ et $\mathrm{D} = 0$:

$$\left(\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{I}}\right)\left(\frac{\mathrm{C}}{\mathrm{I}}\right) = 0,$$

et si $\mathrm{A} = \mathrm{C}$:

$$\left(\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{I}}\right)^2 = 0,$$

quoique ni A ni C ne soient nuls. Mais ces relations n'infirment en rien l'exactitude des résultats et l'on doit les considérer comme valides dans tous les calculs. C'est ainsi qu'on a, par exemple,

$$\sin^2\left(\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{I}}\right) + \cos^2\left(\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{I}}\right) = \left(\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{I}}\right)^2 + 1 = 1.$$

» La décomposition des rectangles étant identique à celle des vecteurs sphériques, si l'on veut décomposer un rectangle V, dont le pôle est une droite Π quelconque de l'espace, en trois autres rectangles V_x, V_y, V_z, dont les pôles coïncident avec trois axes de coordonnées rectangulaires X, Y, Z (par exemple les trois axes principaux d'inertie d'un corps), on

aura évidemment

$$V_x = \cos(\overline{\Pi X}),$$
$$V_y = \cos(\overline{\Pi Y}),$$
$$V_z = \cos(\overline{\Pi Z}).$$

» Ces trois équations complexes fourniront six équations ordinaires qui détermineront les trois rectangles composants. Toute la Mécanique des corps rigides peut être traitée sous le même point de vue. »

PHYSIQUE. — *Sur les déformations permanentes du verre et le déplacement du zéro des thermomètres.* Note de M. L. **Marchis**, présentée par M. Mascart.

« Le déplacement du zéro des thermomètres à mercure a été l'objet de travaux remarquables de la part de divers expérimentateurs, au nombre desquels je citerai M. Guillaume et les savants du Bureau international des Poids et Mesures. Mais ceux-ci se sont surtout préoccupés de construire un thermomètre à mercure présentant un très petit déplacement du zéro : ils y sont parvenus grâce à une étude patiente du thermomètre en verre vert recuit, maintenu entre 0° et 100°. Dans ces limites, on arrive à obtenir un thermomètre dont le déplacement du zéro atteint à peine l'ordre des millièmes de degré.

» Mais en raison même des très petits déplacements présentés par le verre vert recuit, il devient très difficile de mettre en évidence les lois auxquelles peut obéir la marche du zéro d'un tel thermomètre. Aussi me suis-je proposé de produire de très grands déplacements en m'adressant non plus au verre vert, mais au cristal, et en portant le thermomètre soit à des températures beaucoup plus élevées que 100°, soit à des températures très inférieures à zéro.

» Le cristal que j'ai employé est connu des constructeurs sous le nom de *cristal Guilbert Martin ;* sa composition est bien connue. J'ai, d'ailleurs, par des analyses directes sur divers échantillons employés, constaté que sa composition était très sensiblement constante.

» Dans mes expériences, j'ai déterminé le déplacement du point 60 : le terme de comparaison est un thermomètre en verre vert recuit, construit depuis deux ans et qui, depuis cette époque, a été porté un très grand nombre de fois de la température ordinaire à 70° au plus : malgré ces

variations, fréquemment reproduites, le zéro de cet instrument ne se déplace plus de $\frac{5}{1000}$ de degré par mois.

» Les divers thermomètres en cristal sur lesquels j'ai opéré ont été étudiés :

» Soit entre 60° et 185° (ébullition de l'aniline),

» Soit entre 60° et 310° (ébullition de la diphénylamine),

» Soit entre 60° et 357° (ébullition du mercure),

» Soit entre 60° et — 80° (acide carbonique solide).

» Dans la plupart des cas, les expériences ont été conduites de la manière suivante :

» Le thermomètre, étant à 60°, est introduit dans une enceinte maintenue à la température T; on l'y laisse un temps θ : on le ramène alors à 60°, par un refroidissement brusque; on le reporte à la température T et l'on recommence l'expérience précédente.

» Je dis que des expériences forment une *même série* lorsqu'elles sont toutes produites entre les mêmes températures t (60°) et T sans changement dans le mode d'échauffement ou de refroidissement.

» Mes expériences m'ont conduit aux résultats suivants :

» 1° Désignons par $x_1, x_2, x_3, \ldots$ les indications du thermomètre en cristal correspondant, dans les expériences successives d'une même série, à l'indication $t = 60°$ du thermomètre étalon.

» Les valeurs $x_1, x_2, x_3, \ldots$ vont sans cesse en croissant, de manière que les différences $(x_2 - x_1)$, $(x_3 - x_2)$, ... tendent vers zéro.

» Elles admettent pour *limite supérieure* la valeur

$$X_1 = \chi_1(\theta, t, T).$$

» 2° La limite supérieure a une valeur d'autant plus *grande* que la température T est elle-même plus *élevée*.

» 3° La limite supérieure X_1 étant atteinte dans une série (θ, t, T), on produit une *perturbation* dans l'état du thermomètre, puis on recommence une nouvelle série (θ, t, T) : on obtient alors une nouvelle limite supérieure X_2, telle que $X_2 > X_1$.

» La perturbation qui permet de passer de la limite X_1 à la limite X_2 est produite, soit en portant l'instrument un temps déterminé à une température supérieure à T, soit en le maintenant à des températures comprises entre t et T; soit enfin en changeant le mode de refroidissement de T à t.

» 4° La limite supérieure X_2 étant atteinte, on produit une nouvelle perturbation *identique* à celle qui a permis de passer de la limite X_1 à la

limite X_2; on obtient, en reproduisant une série $[\theta, t, T]$, une troisième limite supérieure X_3. Par une perturbation identique aux deux premières on passe à une quatrième limite X_4, etc.

» Les valeurs X_1, X_2, X_3, ... vont sans cesse en croissant, de manière que les différences $(X_2 - X_1)$, $(X_3 - X_2)$, ... tendent vers zéro.

» Elles admettent pour limite supérieure la valeur X; je désignerai cette limite sous le nom de *limite des limites*, correspondant à la série $[\theta, t, T]$ et à la perturbation constante qui a permis d'obtenir la suite des limites X_1, X_2, ...

» 5° Produisons des séries dans lesquelles les durées de séjour de l'instrument soit à t, soit à T, aillent *en croissant*.

» Les valeurs des limites particulières à chaque série suivent la même loi que les limites X_1, X_2, ... En particulier, il existe encore ici une *limite des limites*.

» Telles sont les différentes lois auxquelles nous a conduit jusqu'ici l'étude des thermomètres en cristal. Des expériences déjà entreprises avec les thermomètres en verre vert nous ont montré l'existence de lois identiques; les déplacements seuls sont beaucoup plus petits [1]. »

ÉLECTRICITÉ. — *Influence de l'aimantation sur les forces électromotrices des piles dont le fer est un des éléments.* Note de MM. **Ulysse Lala** et **A. Fournier**, présentée par M. Mascart.

« Un couple thermo-électrique était constitué par une lamelle de cuivre serrée fortement entre les deux armatures d'un électro-aimant Faraday, de manière à former un élément symétrique. Un galvanomètre à réflexion, placé dans une salle éloignée, communiquait par l'une de ses bornes avec l'électrode cuivre du couple, l'autre borne étant en relation avec l'armature fer et le sol.

» L'élément thermo-électrique était chauffé le temps nécessaire à la production d'une déviation fixe de l'image lumineuse réfléchie par le miroir du galvanomètre. Cette déviation était d'environ 6^{cm}. L'état stationnaire ainsi établi, on excitait l'électro-aimant par le passage d'un courant de 8 ampères, fourni par une batterie d'accumulateurs. On observait un dé-

---

[1] Ce travail a été fait au laboratoire de Physique de la Faculté des Sciences de Caen.

placement permanent de 3^{mm} environ durant l'existence du champ. Ce déplacement, dont le sens ne changeait pas par le renversement du courant excitateur, accusait une *diminution* de force électromotrice. C'est un résultat analogue à celui qui a été constaté par M. Grimaldi sur un couple thermo-électrique bismuth-cuivre.

» Nous avons vérifié que la création du champ n'amenait aucune déviation *permanente* dans le galvanomètre. L'établissement du champ produisait au contraire un déplacement très faible (1^{mm} environ) disparaissant rapidement et en sens inverse de celui du phénomène observé. D'ailleurs par la suppression du courant, l'aiguille du galvanomètre reprenait sa position initiale. La diminution de force électromotrice était donc due à l'action du champ sur le couple.

» En réalisant les mêmes conditions de symétrie que pour l'élément thermo-électrique, nous avons renouvelé l'expérience avec un couple hydro-électrique formé par un bloc évidé de paraffine de 7^{mm} à 8^{mm} d'épaisseur, dont les armatures de l'électro constituaient à la fois les faces et l'une des électrodes. Ce bloc contenait de l'eau distillée dans laquelle était plongée, entre les deux faces fer et à une fraction de millimètre de chacune d'elles, une lame de cuivre formant la seconde électrode.

» La méthode n'a pas varié. Cet élément hydro-électrique donne un courant légèrement inférieur à celui du couple thermo-électrique fer-cuivre. Le phénomène observé a été de même nature et la *diminution* de force électromotrice pendant l'existence du champ a été d'environ $\frac{1}{20}$ de la force électromotrice normale de la pile.

» Cette expérience, en contradiction avec les résultats obtenus par MM. E.-L. Nichols et W.-S. Franklin, confirme, par une méthode expérimentale différente, ceux de MM. H.-A. Rowland et L. Bell, Hurmuzescu et les prévisions théoriques de M. Janet et de M. Duhem. »

OPTIQUE. — *Mesure de petites épaisseurs en valeur absolue.*
Note de MM. **Ch. Fabry** et **A. Perot**, présentée par M. Potier.

« L'emploi des franges des lames minces en lumière homogène, fournit une méthode précise pour la mesure de petites épaisseurs; c'est une des formes de cette méthode que nous allons décrire, en indiquant d'abord la nature et les propriétés des lames minces employées.

» Les franges que nous observons sont des franges en lumière trans-

mise; or, quand on produit ces franges entre deux surfaces de verre, elles sont noyées dans un éclairement intense à cause du faible pouvoir réflecteur du verre; pour un verre d'indice 1,52 le pouvoir réflecteur, sous l'incidence normale, est $f = 0,042$, et le rapport des intensités des maxima et des minima est $\left(\frac{1+f}{1-f}\right)^2 = 1,18$ seulement; si, au contraire, on produit ces franges entre des surfaces réfléchissantes, pour lesquelles $f = 0,75$ par exemple, le rapport des maxima aux minima devient égal à 49, les minima sont presque obscurs; ces conditions se trouvent réalisées si l'on argente faiblement les lames de verre qui limitent la lame mince d'air. Les franges présentent alors l'aspect de lignes très fines tracées sur fond sombre. La cause de ce fait est l'existence des réflexions multiples; il y a interférence de l'onde qui a traversé directement le système avec celles qui ont subi, à l'intérieur, 2, 4, ..., $2n$ réflexions et dont, grâce à la valeur élevée de f, les intensités ne décroissent pas très rapidement; les différences de marche de ces ondes avec la première sont alors $\Delta, 2\Delta, \ldots, n\Delta$. Les ondes ne sont concordantes que si Δ est un multiple exact de λ, mais, pour peu qu'il en diffère, il y aura interférence entre l'onde directe et des ondes réfléchies d'ordre plus ou moins élevé. C'est la même raison qui fait qu'un réseau donne une série d'images nettes d'une fente éclairée par de la lumière monochromatique.

» Un calcul, dû à Airy, montre que, I_0 étant l'intensité maximum, l'intensité correspondant à la différence de marche Δ est

$$I = I_0 \frac{1}{1 + \frac{4f}{(1-f)^2} \sin^2 \pi \frac{\Delta}{\lambda}};$$

pour $f = 0,75$, $\frac{4f}{(1-f)^2} = 48$, et la valeur de I devient très petite dès que $\frac{\Delta}{\lambda}$ diffère sensiblement d'un nombre entier. A une distance d'un maximum égale à $\frac{1}{10}$ de frange, l'intensité n'est que le sixième de sa valeur maximum. On aperçoit en lumière monochromatique, dans ces conditions, des franges *brillantes, très déliées*, dont le pointé peut se faire avec une grande exactitude. Le phénomène ne venant que de la valeur élevée du pouvoir réflecteur, on conçoit pourquoi les franges des lames minces, au voisinage de la réflexion totale, et, en particulier, celles d'Herschell, présentent cet aspect [1].

---

[1] Ch. Fabry, *Thèse* et *Journal de Physique*, 3e série, t. I, p. 316; 1892.

» Si la lumière qui éclaire la lame est composée d'un certain nombre de radiations simples, chacune d'elles donnera son système de franges fines sans qu'il y ait confusion entre les différents systèmes; s'il s'agit de deux radiations peu différentes, les disparitions observées par Fizeau et M. Michelson seront remplacées par des dédoublements; la double raie du sodium donne lieu à une série de dédoublements se reproduisant périodiquement toutes les mille franges environ; ce phénomène a été observé par M. Boulouch ([1]). Il est facile d'ailleurs, connaissant les longueurs d'onde des radiations incidentes, de déterminer l'aspect des franges pour une épaisseur donnée; cette remarque est précieuse pour la vérification du numéro d'ordre d'une frange; nous avons employé dans ce but les radiations jaunes du sodium et rouge du lithium produites par le même brûleur; il y a coïncidence des systèmes toutes les huit franges environ.

» Étant données ces propriétés des franges des lames minces argentées, nous avons pu construire des lames prismatiques comprises entre deux lames de verre argentées de 20^{cm} de long. Dans le sens de la longueur on a tracé, sur une des argentures, une division en millimètres; grâce à l'étude des franges nous avons pu construire des Tableaux numériques et des courbes nous donnant, pour chaque lame, l'épaisseur en chaque point de la graduation. Nos lames, au nombre de cinq, empiètent les unes sur les autres et vont de 60 à 380 $\frac{\lambda}{2}$ de la raie jaune du sodium. Le détail de la méthode suivie pour cet étalonnage et sa vérification sera donné ultérieurement.

» Grâce à ces lames nous pouvons, par une simple lecture, déterminer l'épaisseur en un point d'une lame mince argentée.

» Cette détermination est rapide et, de plus, par deux lectures successives, nous pourrons déterminer au besoin la variation d'épaisseur d'une lame mince, *quelque brusque que soit le déplacement*, ce que ne saurait permettre l'observation ordinaire.

» Voici, brièvement exposée, la méthode employée : nous projetons, sur la lame à mesurer, l'image d'une de nos lames prismatiques étalons, convenablement choisie; le système est traversé par de la lumière blanche (arc électrique) et, les précautions étant prises pour éviter tout échauffement, nous observons la lame à étudier avec une lunette. En général, on ne voit aucune frange; mais, en particulier, si l'épaisseur de la partie de la

---

([1]) *Journal de Physique*, 3e série, t. II, p. 316; 1893.

lame étalon projetée sur la lame est peu différente de l'épaisseur correspondante de celle-ci, il pourra y avoir interférence entre les rayons qui, réfléchis deux fois sur la lame étalon, ont traversé directement la lame mince, et ceux qui ont subi les modifications inverses. Aux points pour lesquels les épaisseurs sont égales, on verra une frange blanche bordée de franges colorées, rappelant les teintes des réseaux; le centre de la frange blanche dessine le lieu des égales épaisseurs; on fait apparaître et l'on déplace cette frange en faisant glisser la lame étalon normalement à son arête. La détermination de l'épaisseur se fait en lisant dans la lunette le numéro de la graduation sur lequel se trouve la frange et se reportant aux Tables.

» *La manipulation consiste donc simplement à déplacer la lame étalon jusqu'à apparition de la frange blanche et à lire le chiffre correspondant.*

» Dans l'emploi de cette méthode pour la détermination d'épaisseurs en valeur absolue, on est amené à faire une correction due à la perte de phase par réflexion sur l'argent. Elle est d'autant plus faible que la couche d'argent ne dépasse pas $\frac{1}{10}$ de frange. Elle disparaît dans les mesures de variation d'épaisseur. »

PHYSIQUE. — *Sur les densités de l'azote, de l'oxygène et de l'argon et la composition de l'air atmosphérique.* Note de M. A. Leduc [1], présentée par M. Lippmann.

« La découverte de l'argon est venue modifier un certain nombre des résultats numériques que j'ai publiés antérieurement : poids atomiques, volumes moléculaires, et en première ligne la densité de l'azote.

» J'ai été amené en outre à reprendre l'étude de quelques gaz, et en particulier celle de l'oxygène dont la densité me paraissait un peu faible en comparaison de celle de l'azote chimique.

» *Azote.* — Lord Rayleigh a déjà déterminé la densité de l'azote préparé de diverses manières; mais, ainsi qu'il m'a fait l'honneur de me l'écrire, ses expériences avaient surtout pour but de rechercher si la densité de ce gaz était bien indépendante du procédé de préparation.

» Je me suis proposé de trouver aussi exactement que possible la densité de ce gaz, en le préparant par les procédés qui paraissaient les plus propres à le fournir à l'état de pureté.

---

[1] Ce travail a été exécuté, ainsi que le précédent, au Laboratoire d'enseignement physique, à la Sorbonne.

» 1. Décomposition de l'azotite d'ammonium par la chaleur. Le gaz obtenu est fortement mélangé d'oxydes d'azote et de gaz ammoniac; il est purifié par une longue colonne de cuivre suivi d'oxyde de cuivre, portée à l'incandescence.

» 2. Décomposition de l'azotate d'ammonium par la chaleur. Le protoxyde d'azote impur ainsi obtenu est traité comme ci-dessus.

» 3. Décomposition du bioxyde d'azote par le cuivre incandescent.

» 4. Décomposition du gaz ammoniac par l'oxyde de cuivre incandescent. Cet oxyde est suivi d'une colonne de cuivre qui a pour but de décomposer les oxydes de l'azote produits dans l'action précédente.

» Dans tous les cas, l'azote obtenu traverse, avant de se rendre au ballon à densités, une colonne à potasse et une autre à ponce sulfurique, puis un tube en U chargé d'anhydride phosphorique.

» Le vide est fait dans tous les appareils, avant l'opération, afin d'éviter la présence de l'argon.

» Les poids d'azote contenus dans mon ballon, à $0°$ et 76^{cm}, se sont trouvés compris entre $2^{gr},8467$ et $2^{gr},8474$; leur moyenne $2^{gr},8470$ correspond, toutes corrections faites, à la densité par rapport à l'air 0,96717 [1].

» *Oxygène.* — J'ai trouvé autrefois pour la densité de l'oxygène par rapport à l'air 1,10506. Bien que ce nombre ne résultât que d'une seule série d'expériences, électrolyse d'une solution de potasse, je l'avais admis sans hésitation parce qu'il s'harmonisait avec les autres résultats obtenus jusque-là.

» Après la découverte de l'argon, ce nombre me parut un peu faible. J'entrepris de préparer l'oxygène en décomposant par la chaleur le permanganate de potasse cristallisé. Avant d'arriver au ballon à densités, le gaz passait sur de la potasse, de la ponce sulfurique et de l'anhydride phosphorique. La densité fut trouvée voisine de 1,10527.

» Je repris alors la préparation de l'oxygène par électrolyse; mais, au lieu d'une petite colonne de mousse de platine, j'employai, pour éliminer l'hydrogène, une longue colonne d'oxyde de cuivre portée au rouge sombre. Trois expériences bien concordantes ont donné 1,10521.

» Convaincu par cette expérience de l'insuffisance de la mousse de platine dans les expériences antérieures, j'admettrai pour la densité de l'oxygène 1,10523.

» *Argon.* — J'ai eu maintes fois l'occasion de faire remarquer que la concordance remarquable des nombres obtenus, tant par Lord Rayleigh que par

---

(1) Ainsi que je l'ai fait remarquer antérieurement, la dernière décimale peut être entachée d'une erreur de plusieurs unités. D'ailleurs, le présent nombre a beaucoup de chances d'être approché par excès. Peut-être serait-il prudent de le réduire à 0,9671.

moi-même, pour la densité de l'azote atmosphérique, implique la constance de la proportion de l'argon dans l'atmosphère. Ce point a été mis récemment hors de doute par M. Schlœsing fils ([1]) qui a trouvé pour la proportion de l'argon dans l'azote atmosphérique 0,0119.

» Désignons par d, d' et x les densités de l'azote chimique, de l'azote atmosphérique et de l'argon. On a ($d' = 0,97203$)

$$d' = 0,0119x + (1 - 0,0119)d.$$

On en tire

$$x = 1,376,$$

ou, par rapport à l'hydrogène, 19,80 au lieu de 19,9 admis jusqu'ici.

» *Résumé.* — Je crois utile de fixer ici ces résultats en donnant le poids du litre de chacun de ces gaz à 0°, soit sous la pression d'une barye (10^6 C.G.S.), soit sous la pression atmosphérique normale à Paris.

Pression.	Oxygène.	Azote.	Argon.
1 barye...........	$1^{gr},4100$	$1^{gr},2338$	$1^{gr},755$
1 atmosphère......	$1^{gr},4293$	$1^{gr},2507$	$1^{gr},780$

» Je reviendrai prochainement sur les poids atomiques de l'azote et de l'oxygène.

» *Composition de l'air atmosphérique.* — J'ai déterminé un grand nombre de fois la composition de l'air atmosphérique desséché et dépouillé de l'acide carbonique, etc., et j'ai trouvé qu'il contient en moyenne les $\frac{232}{1000}$ de son poids d'oxygène.

» La considération des densités de l'oxygène et de l'azote atmosphérique ([2]) conduit au nombre 232,08, que l'on peut considérer comme identique au précédent.

» D'autre part, les $\frac{768}{1000}$ d'azote atmosphérique se décomposent proportionnellement aux nombres $9881 \times 0,96717$ et $119 \times 1,376$, ce qui donne $\frac{755}{1000}$ pour l'azote, et $\frac{13}{1000}$ pour l'argon.

» La composition centésimale de l'air atmosphérique moyen est donc représentée par le Tableau suivant :

	Azote.	Oxygène.	Argon.
En poids.........	75,5	23,2	1,3
En volumes......	78,06	21	0,94

([1]) *Comptes rendus* du 2 novembre 1896.

([2]) A. Leduc, *Comptes rendus*, 4 août 1890. L'emploi du nombre 1,10506 pour la densité de l'oxygène me conduisit alors à 232,35. L'écart me parut imputable aux erreurs d'expérience.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur une loi relative à la vapeur d'eau.* Note de M. RATEAU, présentée par M. Poincaré.

« En construisant un abaque de la consommation théorique d'une machine à vapeur d'eau, j'ai constaté une relation nouvelle, digne d'être remarquée, entre les éléments qui résultent des expériences de Regnault.

» On sait que l'énergie disponible N dans 1^{kg} de vapeur d'eau, initialement saturée et sèche, qui évolue dans une machine parfaite en passant de la pression absolue d'amont P à la pression d'aval p, avec détente adiabatique complète, poussée jusqu'à la pression p, est donnée, en kilogrammètres, par la formule

$$(1) \qquad N = E\left[r\frac{T_1 - T_2}{T_1} + \int_{T_2}^{T_1} C\left(\frac{T - T_2}{T}\right) dT\right],$$

dans laquelle les lettres ont la signification suivante :

$E = 425$, équivalent mécanique de la calorie,
T_1 température absolue correspondant à la pression P,
T_2 température absolue correspondant à la pression p,
C chaleur spécifique de l'eau à la température T,
r chaleur de vaporisation de l'eau à la température T_1.

» Partant de cette formule et m'appuyant sur les Tables déduites des expériences de Regnault, j'ai construit un abaque permettant de trouver rapidement la consommation théorique k, en kilogrammes, par cheval et par heure, pour une machine parfaite fonctionnant entre les pressions P et p. J'avais d'abord fait l'abaque en portant p et P sur deux axes rectangulaires; les points d'égale consommation (k constant) dessinaient des sortes de paraboles. J'ai eu alors l'idée de refaire l'abaque en coordonnées logarithmiques ($\log p$ en abscisse et $\log P$ en ordonnée), ce qui m'a donné l'occasion de faire cette observation, que les points d'égale consommation se rangent parfaitement en ligne droite. Les écarts sont de l'ordre du millième et paraissent dus aux erreurs de dessin, peut-être aussi aux petites erreurs des Tables de Regnault. Cette loi se vérifie entre 1^{kg} et 25^{kg} pour P, d'une part, et $0^{kg},05$ et 3^{kg} pour p, d'autre part, c'est-à-dire dans des limites extrêmement étendues.

» Il résulte de là que les valeurs de P et p, qui donnent à la consommation k une même valeur, sont liées par une relation de la forme

$$ap = P^b. \tag{2}$$

» J'ai pu faire encore deux autres constatations bien curieuses en transformant l'abaque logarithmique en abaque par points isoplèthes, suivant l'ingénieuse méthode de M. d'Ocagne. Si l'on porte log P et log p respectivement sur deux droites parallèles et en sens inverses, les points k, qui sont les correspondants des droites k du premier abaque, se rangent aussi en ligne droite, ce qui prouve que les droites k convergent vers un même point, dont on trouve les coordonnées approximativement égales à

$$P = p = 30\,000\,000^{kg}.$$

» De plus, les points k se distribuent d'une manière très simple; leurs distances au point de consommation infinie sont inversement proportionnelles à $k - 0,4$. On déduit facilement de là les valeurs de a et b en fonction de k. Portant ces valeurs dans la relation (2), on voit que k s'exprime très simplement en fonction de P et p.

» La formule est

$$k = \alpha + \frac{\beta - \gamma \log P}{\log P - \log p}. \tag{3}$$

» Le dessin conduit à prendre les valeurs suivantes pour ces trois coefficients α, β et γ, les logarithmes étant pris avec la base 10,

$$\alpha = 0,85, \qquad \beta = 6,95, \qquad \gamma = 0,92.$$

» Avec ces valeurs le calcul de k, par la formule (3), ne diffère du calcul direct que de quantités très petites, généralement inférieures à $\frac{3}{1000}$, en grandeur relative, pour tous les exemples compris dans les limites ci-dessus indiquées.

» Il est bien remarquable que k ait ainsi une expression simple, rigoureuse on peut le dire, en fonction de P et p, alors que la chaleur de vaporisation et la température d'ébullition, dont k dépend directement, sont liées à la pression par des relations compliquées dont la forme exacte est, d'ailleurs, encore inconnue.

Comparaison de la formule $k = 0{,}85 + \dfrac{6{,}95 - 0{,}92 \log P}{\log P - \log p}$ *avec le calcul direct.*

Pressions en kilogrammes par centimètre carré.		*k* calculé		Différence en milliêmes.
P.	*p*.	par les tables.	par la formule.	
1,00	0,044	6,000	5,974	—4,3
1,00	0,074	7,000	6,997	—0,4
1,00	0,107	8,000	8,011	+1,4
1,00	0,1403	9,000	8,999	—0,1
1,00	0,1745	10,000	10,018	+1,8
1,00	0,3228	15,000	15,00	+0,0
1,00	0,4356	20,000	20,11	+5,5
10,00	0,0521	3,500	3,491	—2,5
»	0,123	4,000	4,007	+1,7
»	0,356	5,000	5,013	+2,6
»	0,677	6,000	6,007	+1,1
»	1,050	7,000	7,011	+1,6
»	1,440	8,000	8,015	+1,7
»	1,830	9,000	9,026	+2,9
»	2,200	10,000	10,020	+2,0
0,10 (¹)	0,01	8,752	8,720	—3,6
0,10 (¹)	0,02	12,141	12,110	—2,5
0,50 (¹)	0,02	6,045	6,020	—4,1
25,00	1,00	4,915	4,902	—2,6
25,00 (¹)	5,00	8,993	8,953	—4,5

PHYSIQUE. — *Robinet pour récipients destinés aux gaz comprimés ou liquéfiés.* Note de MM. **E. Ducretet** et **L. Lejeune**.

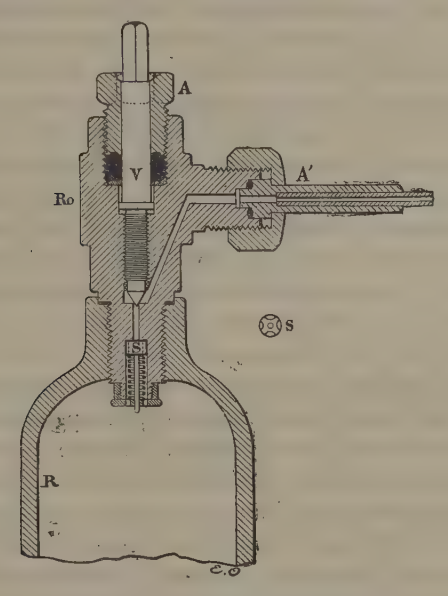
« Tous ceux qui font un usage fréquent de l'*oxygène comprimé* savent, par expérience, que ce gaz, lancé trop vivement (par le simple jeu du robinet du récipient) dans un détendeur ou directement dans le tube de caoutchouc fixé à la lampe oxhydrique, produit quelquefois une violente explosion, et la *combustion* du tube de caoutchouc dans le second cas.

» MM. Berthelot et Vieille (*Comptes rendus*, séance du 5 octobre 1896) ont signalé le danger que l'*acétylène liquéfié* peut présenter, dans les mêmes conditions, lorsqu'il est lancé trop vivement dans un détendeur ou

(¹) Exemples extrapolés.

dans tout autre réservoir de faible capacité : le danger serait en permanence dans les mains de tout le monde.

» Le robinet de sortie que nous présentons à l'Académie offre une plus grande sécurité ; *il ne permet pas la sortie rapide du gaz, même par une manœuvre rapide de la vis* V. A l'intérieur de ce robinet se trouve une soupape S ayant une ouverture de sortie permanente et réglée; par suite, cette soupape permet une rentrée rapide du gaz pour le remplissage du récipient R, mais elle s'oppose à une brusque sortie du gaz, ainsi qu'il vient d'être dit; on évite ainsi l'introduction anormale du gaz dans le détendeur ou dans la conduite de distribution. »



CHIMIE GÉNÉRALE. — *La neutralité des sels et les indicateurs colorés.* Note de M. H. LESCŒUR, présentée par M. Troost.

« 1. Les anciens chimistes définissaient les bases par leur propriété de verdir le sirop de violettes, de rougir le papier de curcuma et de bleuir le tournesol rouge, et les acides par la propriété de rougir le tournesol bleu. Mélangeant les acides et les bases, de façon à neutraliser leur action sur

les indicateurs colorés, ils obtenaient le *sel moyen ou sel neutre*, combinaison de l'acide et de la base qui ne peut *ni rougir le tournesol bleu, ni bleuir le tournesol rouge*, et cette définition s'est continuée jusqu'aujourd'hui.

» Cette manière de définir la neutralité des sels a soulevé des objections. Certains d'entre eux, par exemple le sulfate de zinc, rougissent le tournesol. Ils ne sont donc pas neutres suivant la définition, et pourtant les analogies ne permettent pas de les séparer des sels véritablement neutres, du sulfate de soude par exemple. Berzelius a donc proposé, en conservant pour les sels de potasse et de soude les signes de neutralité fournis par les indicateurs colorés, de ne tenir aucun compte de ce caractère pour les autres sels métalliques et de convenir, pour la nomenclature, de se régler sur l'analogie avec les sels de soude correspondants. Ainsi les sulfates neutres seront ceux qui, comme le sulfate neutre de soude, contiennent trois fois plus d'oxygène dans l'acide que dans la base.

» 2. En réalité, à l'origine de cette question, se trouve un malentendu sur l'interprétation des signes fournis par le tournesol, malentendu qui dure toujours.

» Le tournesol contient une matière colorante rouge formant avec les alcalis des composés bleus. Dans l'eau pure ou en présence d'un acide cet indicateur sera donc rouge. Il sera bleu en présence d'un alcali libre. En présence d'une base insoluble, tantôt il demeurera rouge sans modification, comme dans le cas de l'alumine, tantôt il donnera des composés violacés, insolubles ou peu solubles, plus ou moins décomposables par l'eau et la solution se décolorera plus ou moins complètement, tout en demeurant ordinairement rose.

» Si, dans une solution renfermant une base insoluble et un acide minéral en excès, on verse un alcali, en présence du tournesol, de façon à passer de l'acidité à l'alcalinité du milieu, le tournesol varie du rouge au bleu et ce virage est quelquefois suffisamment net pour qu'il fournisse un moyen de dosage, comme c'est le cas pour les sels d'alumine. Mais *le virage se produit, non au moment où, l'acide étant saturé, la précipitation de l'oxyde commence, mais quand celle-ci étant achevée, le milieu contient de l'alcali en excès*. Pour la plupart des métaux le virage est des plus obscurs et entre le moment où il y a encore de l'acide libre et celui où l'alcali se trouve en excès, pendant la période de la précipitation, le tournesol passe par toutes les nuances intermédiaires entre le rouge et le bleu.

» Il est rationnel de regarder comme neutre l'état du milieu pendant la période de la précipitation. Il ne contient alors ni acide, ni alcali libre. Le

cas de l'alun et des sels analogues semble montrer que la coloration rouge du tournesol n'indique pas nécessairement l'acidité du milieu. Elle peut également signifier la neutralité. Les phénomènes différents que présentent d'autres sels métalliques, en raison de leurs variations et de leur obscurité, ne sauraient prévaloir contre cette opinion.

» 3. Cette interprétation est confirmée par l'étude des autres indicateurs, aujourd'hui très nombreux.

» La phtaléine du phénol est une matière incolore donnant avec les alcalis des composés rouges. Elle ne se combine pas aux oxydes métalliques insolubles. Dans un milieu contenant une base insoluble et un acide en excès, si l'on verse un alcali, en présence de la phtaléine, la solution sera d'abord incolore par la présence d'un acide libre; celui-ci étant neutralisé et l'oxyde se précipitant, elle demeurera encore incolore et le virage au rouge n'aura lieu que lorsque, la totalité de l'oxyde étant précipitée, le milieu contiendra de l'alcali en excès.

» La phtaléine, par son virage, signale donc, *non le passage de l'acidité à l'alcalinité, mais le passage de la neutralité à l'alcalinité*. Ses indications sont comparables à celles du tournesol, mais infiniment plus nettes.

» 4. L'hélianthine (orangé Poirrier n° 3) est une matière colorante sensiblement incolore en milieu alcalin ou neutre, mais devenant rouge en présence des acides libres. Si, dans une solution d'un oxyde métallique avec un acide en excès, on verse un alcali, en présence de l'hélianthine, le milieu est d'abord coloré en rose; puis le virage au jaune se produit quand tout l'acide libre est saturé. C'est ensuite seulement que commence la précipitation. Cet indicateur signale donc le passage *de l'acidité à la neutralité*. Les données qu'il fournit sont absolument opposées à celles du tournesol et de la phtaléine.

» *Conclusion*. — En combinant les données de ces deux ordres de matières colorantes, la notion de neutralité prend un caractère de grande netteté. La coloration rouge de la phtaléine ou bleue du tournesol indiquant la présence d'un alcali libre, la coloration rose de l'hélianthine indiquant la présence d'un acide libre, on réservera le terme de *neutre* pour l'état d'un milieu tel que, d'une part, l'hélianthine demeure incolore, d'autre part, la phtaléine demeure incolore et le tournesol rouge.

» On reconnaît ainsi que les sels, tels que l'alun, le sulfate de zinc, etc., que Berzelius considérait comme acides au tournesol, sont en réalité neutres aux réactifs colorés et que dans la question de la neutralité des sels il y a concordance entre la théorie et les données des indicateurs colorés. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Action de l'acide sulfurique et de l'iode sur l'acide iodique.* Note de M. **Paul Chrétien**, présentée par M. Troost.

« L'acide iodique est soluble dans l'acide sulfurique qui en dissout $\frac{1}{5}$ de son poids environ à 200°. Cette dissolution ne s'effectue jamais sans dégagement de quelques bulles d'oxygène provenant d'un commencement de réduction de l'acide iodique et, par refroidissement, la liqueur laisse déposer des cristaux légèrement teintés en jaune. Afin d'éviter cette coloration, j'ai dû verser le liquide chaud dans une capsule de porcelaine contenant quelques centimètres cubes d'acide azotique fumant; dans ces conditions, on obtient des cristaux parfaitement incolores. Desséchés sur de la porcelaine poreuse, ils contiennent 97 à 98 pour 100 d'anhydride iodique; le reste est de l'acide sulfurique; mais ce dernier est simplement interposé et disparaît complètement si l'on a soin de pulvériser finement les cristaux et de les dessécher de nouveau; ainsi traités, ils donnent 99,6 pour 100 d'anhydride iodique à l'analyse. L'action de l'acide sulfurique permet donc d'obtenir cet anhydride à l'état cristallisé, forme sous laquelle il n'avait pas encore été décrit.

» Dans aucune circonstance, je n'ai obtenu combinaison des deux acides. Millon [1] avait décrit plusieurs de ces combinaisons et étudié la réduction de l'acide iodique au sein de l'acide sulfurique.

» Si l'on porte à la température de 250°-260° la dissolution sulfurique de l'acide iodique, ce dernier se décompose, un abondant dégagement d'oxygène se produit, et la liqueur prend une teinte jaune plus ou moins foncée. Par refroidissement, le dégagement d'oxygène cesse, et bientôt il se forme un dépôt jaune et amorphe. La composition de ces poudres jaunes est variable, mais toutes jouissent de la propriété suivante : au contact de l'eau, elles se décomposent brusquement en donnant de l'iode, de l'acide iodique et de l'acide sulfurique.

» Si l'on pousse la réduction de l'acide iodique jusqu'à production d'abondantes vapeurs d'iode, la liqueur brunit de plus en plus, et si l'opération a duré assez longtemps, la liqueur obtenue, qui est noire, ne laisse tout d'abord rien déposer en se refroidissant; mais, au bout de quelques jours, on voit apparaître des cristaux jaunes dont la formation s'effectue

---

(1) Millon, *Annales de Chimie et de Physique*, t. XII; p. 336.

très lentement, elle dure le plus souvent plusieurs mois; en même temps, le liquide se décolore.

» L'iode est très peu soluble dans l'acide sulfurique, mais il s'y dissout au contraire très bien à la faveur de l'acide iodique. Lorsque, dans une dissolution sulfurique chaude de ce dernier acide, on introduit de l'iode en excès, elle noircit fortement et peu à peu se forment des cristaux jaunes identiques à ceux dont il vient d'être question.

» Ces cristaux ont été débarrassés avec le plus grand soin de l'acide sulfurique retenu mécaniquement et analysés de la façon suivante :

» Projetés dans l'eau, ils se décomposent instantanément en donnant de l'iode, de l'acide iodique et de l'acide sulfurique; dans la liqueur bouillante, on faisait passer un courant d'hydrogène, l'iode distillait et était recueilli dans une solution d'iodure de potassium.

» Dans le liquide incolore, on introduisait ensuite du zinc et un excès d'acide phosphorique; l'acide iodique était réduit et l'iode était distillé et dosé comme précédemment.

» L'acide sulfurique restait dans la liqueur, il était pesé à l'état de sulfate de baryum.

» Enfin, l'eau que contiennent ces cristaux était dosée à part. La matière était chauffée jusqu'à décomposition complète dans un tube de verre au contact de la litharge, une colonne de cuivre retenait l'iode, l'eau était recueillie dans un tube à ponce et pesée.

» Cette méthode d'analyse donne la composition centésimale, le rapport du poids de l'iode mis en liberté par l'eau au poids de l'iode restant à l'état d'acide iodique et le rapport du poids de l'iode total au poids de l'oxygène. Les résultats sont les suivants :

Iode mis en liberté par l'eau	26,12	pour 100
Iode restant à l'état d'acide iodique	39,04	»
Oxygène correspondant	12,3	»
Anhydride sulfurique	20,1	»
Eau	2,19	»
	99,75	

							Moyenne.
Rapport de l'iode à l'oxygène....	5,292	5,282	5,296	5,286	5,296	5,297	5,291
Rapport des deux poids d'iode...	1,509	1,497	1,543	1,5	1,498	1,494	1,506

» Ces nombres conduisent à la formule $SO^3, \frac{1}{2}H^2O, I^2O^3$ pour laquelle la théorie exigerait :

Iode mis en liberté par l'eau	25,98 p. 100		
Iode restant à l'état d'acide iodique	38,97 »	Rapport de l'iode à l'oxygène	5,291
Oxygène	12,27 »		
Anhydride sulfurique	20,46 »		
Eau	2,3 »		
	99,98 »		

» Ces calculs ont été faits en admettant que l'anhydride iodeux donne à froid dans l'eau la même réaction que l'anhydride chloreux ou plutôt les chlorites à l'ébullition.

» On doit avoir en effet

$$3I^2O^3 + H^2O = 2I^2O^5 + H^2I^2.$$

» Mais l'acide iodhydrique ne pouvant exister en présence de l'acide iodique donne la nouvelle réaction

$$\frac{1}{5}I^2O^5 + H^2I^2 = \frac{6}{5}I^2 + H^2O,$$

d'où finalement

$$3I^2O^3 = \frac{9}{5}I^2O^5 + \frac{6}{5}I^2.$$

» Cette équation indique que les deux poids d'iode sont dans le rapport $\frac{3}{2}$. Le nombre trouvé est 1,506.

» On sait qu'en faisant agir l'oxygène ozonisé sur la vapeur d'iode, M. Ogier (¹) a obtenu une poudre jaune subissant en présence de l'eau une décomposition identique et correspondant à de l'anhydride iodeux souillé d'un peu d'anhydride iodique (²). »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Analyse de l'air par l'*Agaricus atramentarius. Note de M. T.-L. Phipson.

« Dans mes Notes sur l'origine de l'oxygène atmosphérique qui ont paru dans les *Comptes rendus* (1893-1895), j'ai essayé de faire voir, en me fondant sur les considérations paléontologiques et l'expérience chimique

(¹) *Comptes rendus*, t. LXXXVI, p. 722.

(²) Travail fait au Laboratoire de Chimie minérale de la Faculté des Sciences.

directe, que le gaz oxygène, qui forme actuellement environ la cinquième partie en volume de l'atmosphère terrestre, y a paru progressivement comme résultat des fonctions vitales des plantes vertes. En premier lieu, c'était par les plantes les plus inférieures (algues vertes), qui encore de nos jours donnent, poids pour poids, plus d'oxygène que les plantes supérieures.

» En faisant végéter diverses plantes vertes sur l'eau dans du gaz azote en présence d'acide carbonique, je me suis convaincu que les plantes vertes sont essentiellement *anaérobies*, qu'elles peuvent végéter sans oxygène libre, que ce sont elles dont la Nature s'est servi pour munir l'atmosphère terrestre de gaz oxygène, et qu'à mesure que, par la suite des siècles, la composition de l'atmosphère a graduellement changé, en devenant de plus en plus oxygénée, les plantes à cellules *aérobies* et les animaux ont dû apparaître.

» Si je mets sur l'eau, dans une cloche pleine d'azote, contenant de l'acide carbonique, une plante verte, telle que le *Convolvulus arvensis* ou le *Lysimachia nummularia*, par exemple, bientôt l'atmosphère de la cloche aura reçu de l'oxygène et, dans quelques mois, elle sera même plus riche en oxygène que l'atmosphère extérieure.

» Dans l'*Agaricus atramentarius*, au contraire, nous avons l'exemple d'une plante (animal?) à cellules aérobies, qui ne peut végéter sans oxygène libre, et qui est capable de faire l'analyse de l'air aussi complètement que fait un bâton de phosphore. En effet, si je mets sur l'eau, dans une cloche graduée pleine d'air, un pied de ce champignon (qui plonge entièrement dans l'air) et que je l'expose à la lumière solaire, comme j'ai fait pour mes plantes vertes, bientôt je remarque une condensation considérable de vapeur d'eau; puis, tout l'oxygène est absorbé, et l'acide carbonique produit se dissolvant dans l'eau, celle-ci monte dans la cloche. Ainsi, dans une petite cloche de 200^{cc}, le niveau de l'eau, au bout de quelques jours, est à 160^{cc} et y reste. Alors la cloche ne contient plus que de l'azote et le champignon s'y dessèche et s'y conserve aussi longtemps que l'on veut, sa végétation ayant cessé. Si alors j'introduis immédiatement une plante verte telle que la *Lysimachia*, à côté du Champignon, la végétation de ce dernier peut recommencer lentement; mais, dans quelques jours, la plante verte aura versé dans l'atmosphère de la cloche plus d'oxygène que l'*Agaricus* n'en peut utiliser, et alors le niveau du gaz sera à 170^{cc} ou 180^{cc} par exemple.

» Ces expériences, faites dans mon laboratoire à Londres pendant les

mois de septembre et octobre, je compte les continuer à la prochaine saison. Aujourd'hui, j'ai voulu seulement constater qu'un pied d'*Agaricus atramentarius* peut faire, en quelques jours, l'analyse de l'air tout aussi complètement qu'un bâton de phosphore; car ce champignon à cellules aérobies ne peut vivre que dans une atmosphère contenant de l'oxygène libre et, au lieu de verser dans l'air du gaz oxygène, comme font les plantes vertes, il absorbe ce gaz pour le convertir en eau et acide carbonique, à peu près comme le fait un animal; seulement, dans le cas de ce dernier, l'analyse n'est pas complète, l'animal, comme on sait, mourant d'asphyxie avant que tout l'oxygène soit absorbé. »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques propriétés de la glucine pure*. Note de **M. P. Lebeau**, présentée par M. H. Moissan.

» Nous avons indiqué précédemment ([1]) un procédé qui nous a permis de préparer la glucine dans un grand état de pureté en partant de l'émeraude de Limoges. Ces premiers essais nous ont amené à reprendre l'étude des propriétés de la glucine.

» Cet oxyde a été soumis à l'action de la température élevée fournie par le four électrique de M. Moissan. Sous l'influence de cette puissante action calorifique, la glucine a pu être fondue et volatilisée. L'oxyde de glucinium fondu se présente sous la forme d'une masse blanche à texture cristalline, rayant profondément le quartz, mais n'attaquant le rubis qu'avec peine. Nous avons souvent rencontré, à la surface des fragments de glucine fondue, de petits cristaux hexagonaux, non adhérents, provenant vraisemblablement de la condensation de la vapeur de cet oxyde. La glucine paraît se volatiliser notablement vers son point de fusion; le même fait a déjà été observé pour l'alumine par M. Henri Moissan ([2]).

» Les recherches de M. Ditte ([3]) et celles de M. H. Moissan ([4]) ont

---

([1]) P. Lebeau, *Sur le traitement de l'émeraude et la préparation de la glucine pure* (*Comptes rendus*, t. CXXI, p. 641).

([2]) H. Moissan, *Réduction de l'alumine par le charbon* (*Comptes rendus*, t. CXIX, p. 935).

([3]) A. Ditte, *De l'influence qu'exerce la calcination de quelques oxydes métalliques sur la chaleur dégagée pendant leur combinaison* (*Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 111).

([4]) H. Moissan, *Détermination de la densité de la magnésie fondue* (*Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 506).

montré que la magnésie subissait une variation notable de densité sous l'influence de la calcination, variation allant de 3,193, pour la magnésie préparée à 350°, à 3,654 pour la magnésie fondue au four électrique; les déterminations que nous avons faites sur la glucine nous ont conduit à un résultat tout différent.

» Les densités des différents échantillons d'oxyde de glucinium ont été prises dans l'essence de térébenthine, en prenant les précautions indiquées par M. Ditte [1]. L'essence que nous avons employée bouillait à 158°-160° et sa densité à 0° était 0,884. Nous avons obtenu les résultats suivants :

	Densités à 0°.
Glucine anhydre préparée à 440°	3,012
Glucine calcinée vers 1200°	3,010
Glucine cristallisée	3,015
Glucine fondue	3,025

» On voit que la glucine ne subit pas de polymérisation sensible par une action calorifique intense; elle doit par suite présenter peu de retrait.

» Nous avons également recherché si la glucine fondue était devenue inattaquable par les acides minéraux, comme cela a lieu pour l'alumine.

» Les hydracides gazeux ne l'attaquent pas au rouge. L'acide chlorhydrique concentré la dissout lentement à l'ébullition lorsqu'elle est porphyrisée; l'attaque est encore plus lente avec l'acide azotique concentré et bouillant. L'acide sulfurique concentré l'attaque complètement à chaud; sous l'influence de cet acide, l'oxyde de glucinium augmente de volume et se transforme en une poudre dense cristallisée qui est le sulfate de glucinium anhydre. Ce sulfate ne se dissout dans l'eau qu'après une ébullition prolongée.

» *Action de quelques corps simples sur la glucine.* — Dans l'étude de l'action des corps simples sur cet oxyde, nous avons employé un produit anhydre obtenu, à aussi basse température que possible, par la déshydratation de l'hydrate de glucinium. Cet hydrate a été préparé par la précipitation de la solution de sulfate de glucinium par l'ammoniaque. Le précipité séché à 110° correspond à l'hydrate normal. Par déshydratation à 440°, à la température d'ébullition du soufre, nous avions un oxyde anhydre complètement soluble dans les acides.

» Le fluor l'attaque à chaud, avec formation d'un fluorure fusible et volatil. Le chlore, le brome et l'iode sont sans action; il en est de même des métalloïdes de la deuxième et de la troisième famille.

---

(1) A. Ditte, *loc. cit.*

» Nous avons montré, antérieurement, que l'oxyde de glucinium pouvait être réduit par le carbone à la température du four électrique en donnant un carbure de glucinium cristallisé ([1]). Le silicium et le bore réduisent aussi la glucine. Le bore donne, dans ces conditions, un borure cristallisé attaquable par l'acide azotique; mais comme il est nécessaire d'opérer dans des tubes en charbon, seuls capables de résister à ces hautes températures, le borure est toujours mélangé de borure de carbone et d'un corps inattaquable par les acides, cristallisé, transparent et de coloration jaune brun, qui, d'après nos premiers essais, est un borocarbure de glucinium.

» Le potassium, le sodium et l'aluminium sont sans action sur la glucose.

» M. Winkler a indiqué la formation d'un hydrure de glucinium lorsque l'on maintient au rouge, dans une atmosphère d'hydrogène, un mélange de glucine et de magnésium. Ce fait nous a conduit à regarder comme possible la réduction de la glucine par ce métal. Nous avons, à cet effet, répété l'expérience de M. Winkler, dans les conditions expérimentales décrites par lui ([2]).

» Le mélange d'oxyde de glucinium a été chauffé trois heures au rouge dans un courant d'hydrogène, et l'on a laissé refroidir pendant une heure. Le produit resté dans la nacelle était blanc à peine teinté de gris; au contact de l'eau bouillante, il donnait lieu à un faible dégagement d'hydrogène et d'un peu de gaz ammoniac; l'acide chlorhydrique étendu l'attaquait avec production d'hydrogène tout en laissant la majeure partie de la glucine inattaquée. La présence d'une petite quantité de glucine dissoute dans la liqueur chlorhydrique ne permet pas de conclure à la formation d'un hydrure de glucinium, la glucine, même fondue, étant encore légèrement soluble dans les acides ainsi que nous l'avons démontré. D'ailleurs, en augmentant la durée de la chauffe de manière à volatiliser plus de magnésium, nous avons vu le dégagement d'hydrogène décroître progressivement dans l'action de l'eau bouillante ou de l'acide chlorhydrique étendu sur le produit.

» Enfin, nous avons chauffé à la forge, dans un creuset brasqué, un poids déterminé de glucine avec un excès de magnésium. Ce métal a été complètement volatilisé, et nous avons retrouvé intégralement la glucine.

» Ces expériences nous permettent de conclure à la non-réduction de l'oxyde de glucinium par le magnésium.

» *Conclusions.* — La glucine pure est fusible et volatile à la température du four électrique. Elle ne varie pas sensiblement de densité et elle conserve la propriété d'être attaquable par les acides concentrés.

» Le bore, le silicium et le carbone sont seuls parmi les métalloïdes susceptibles de réduire la glucine en donnant des composés cristallisés. Les

---

([1]) P. Lebeau, *Sur un carbure de glucinium* (*Comptes rendus*, t. CXXI, p. 496).

([2]) Winkler, *Berichte des deutsch. chem. Gesells.*, t. XXIV, p. 1972; 1891.

métaux réducteurs, sodium, potassium, magnésium et aluminium sont sans action ([1]). »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur un iodure de molybdène.* Note de M. M. **Guichard**, présentée par M. Moissan.

« L'iode ne se combinant pas au molybdène, même à la température produite par un four à coke, nous nous sommes adressé à l'action du gaz iodhydrique sec sur le chlorure $MoCl^5$ pour obtenir par voie sèche un iodure de molybdène.

» *Préparation.* — On commence par préparer au four électrique, par la méthode de M. Moissan, du molybdène fondu ([2]). On le transforme en chlorure de molybdène, par l'action du chlore sur le métal en poudre disposé dans un tube de bohème assez long. Dans ce même tube, on fait passer, en sens inverse du chlore, d'abord de l'acide carbonique, puis du gaz iodhydrique sec. On chauffe le chlorure : une assez grande quantité d'iode est mise en liberté et entraînée par le courant gazeux, tandis qu'il reste, à la place qu'occupait le chlorure, un corps infusible et non volatil.

» Pour débarrasser ce composé d'une petite quantité d'iode libre qu'il renferme, on le lave par décantation avec du sulfure de carbone sec, jusqu'à ce que celui-ci ne se colore plus; il faut ensuite le maintenir pendant quelques heures à 100°.

» Cet iodure, ainsi préparé, se présente sous forme de poudre brune amorphe. Il est insoluble dans l'eau et dans l'alcool; sa composition est MoI^2 ([3]), sa densité 4,3.

» *Analyse.* — Pour faire l'analyse de cet iodure de molybdène, on en brûle un poids connu dans un courant d'air; l'iode dégagé est absorbé par une solution étendue d'acide sulfureux d'où on le précipite ensuite à l'état d'iodure d'argent; l'acide molybdique, produit d'autre part, est recueilli au moyen d'une dissolution ammoniacale, puis précipité par l'acétate de plomb à l'ébullition, en liqueur neutre.

([1]) Ce travail a été fait au laboratoire des Hautes Études de M. Moissan.

([2]) H. Moissan, *Préparation du molybdène pur fondu* (*Comptes rendus*, t. CXX, p. 1320).

([3]) Berzélius signale dans son *Traité de Chimie* (t. IV, p. 377) un composé de même formule, soluble dans l'eau, analogue au chlorure molybdeux, obtenu par dissolution de l'hydrate molybdeux (aujourd'hui hydrate de sesquioxyde) dans l'acide iodhydrique dissous.

» On peut encore doser le molybdène en attaquant l'iodure à basse température par l'azotate de potassium fondu : l'iode se dégage et le métal se retrouve sous forme de molybdate de potassium.

» Nous avons trouvé ainsi les chiffres suivants :

				Calculé pour MoI^2.
Mo	27,1	27,5		27,4
I	72,8	72,9	72,9	72,6 (1)

» *Propriétés.* — L'iodure de molybdène MoI^2 peut être chauffé dans des tubes vides d'air, jusqu'au point de fusion du verre, sans subir de décomposition. Lorsque le vide est incomplet, s'il a été produit par une trompe à eau, on voit, à basse température, une faible coloration jaune due à un peu d'iode libre et, en même temps, un léger sublimé blanc d'acide molybdique. Cette décomposition n'augmente pas, même après plusieurs heures; elle est donc due à l'action d'une petite quantité d'air. L'iodure de molybdène est, en effet, très facilement oxydable par l'air. Chauffé dans un tube ouvert, il perd de l'iode dès 250°; le molybdène passe à l'état d'oxyde, qui se transforme en acide molybdique à plus haute température. L'oxydation se produit avec incandescence lorsqu'on chauffe brusquement l'iodure sur une lame de platine.

» L'action de l'hydrogène, qui donne du molybdène métallique pulvérulent, noir, et de l'acide iodhydrique, commence à 500°; elle est très rapide au rouge naissant.

» Le chlore réagit au-dessous de 240° et transforme l'iodure de molybdène en chlorure d'iode; le brome donne une réaction analogue.

» Dans l'oxygène, il se produit une vive incandescence à 350°; l'iode se volatilise rapidement, et l'acide molybdique produit est fondu, cristallisé et en partie volatilisé.

» Le soufre transforme l'iodure en un sulfure noir qui, grillé à l'air, dégage de l'acide sulfureux. L'azote n'agit pas à la température de ramollissement du verre.

» Les composés hydrogénés des métalloïdes donnent des décompositions intéressantes. L'eau froide laissée plusieurs jours en contact avec un peu d'iodure donne un louche par l'azotate d'argent; l'eau à 100° après quelques minutes de contact précipite nettement par ce réactif; enfin, si l'on chauffe l'iodure MoI^2 dans la vapeur d'eau surchauffée, il se dégage abondamment de l'acide iodhydrique et, en outre, une quantité notable d'hydrogène; ce dégagement d'hydrogène n'a pas lieu à 100°; comme on ne constate aucune formation d'iode, il est probable que, à froid et à 100°, il se forme l'oxyde MoO correspondant à MoI^2 tandis que, à plus haute température, cet oxyde MoO se transforme en MoO^2 aux dépens de l'oxygène de l'eau; l'oxyde produit dans la vapeur d'eau surchauffée est en effet bleu.

» L'hydrogène sulfuré gazeux donne un sulfure qui brûle facilement à l'air.

» Les acides sulfurique et azotique l'attaquent très lentement à froid; à chaud, ils produisent un départ d'iode et il reste une poudre rouge insoluble qui se convertit

(1) Dans une analyse, $0^{gr},0605$ d'iodure d'argent transformés en chlorure d'argent ont donné $0^{gr},0371$; le chiffre calculé serait $0^{gr},0369$: l'iodure ne renfermait donc pas de chlore.

à plus haute température en acide molybdique blanc. La potasse en solution agit de même lentement à froid.

» En résumé l'iodure de molybdène MoI^2 peut se préparer à l'état amorphe par l'action de l'acide iodhydrique sur le chlorure de molybdène (¹). »

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la séparation du tungstène et du titane.* Note de M. **Ed. Defacqz**, présentée par M. Moissan.

« Quelle que soit la forme primitive sous laquelle se présentent les composés du tungstène et du titane, on peut presque toujours les amener à l'état d'acide tungstique et d'acide titanique. La méthode que nous présentons pouvant s'appliquer, soit quand ces corps sont à l'état métallique, soit quand ils sont à l'état d'oxyde, c'est seulement lorsqu'ils sont sous forme d'alliage qu'il n'est pas utile de les ramener sous celle d'acide.

» Le procédé le plus généralement employé pour séparer l'acide tungstique de l'acide titanique est basé sur ce que, lorsque ces oxydes sont hydratés, le premier est soluble dans l'ammoniaque, le deuxième y est insoluble; mais, quand la combinaison dans laquelle les deux acides se trouvent ensemble a été calcinée, on ne peut opérer la séparation par l'ammoniaque; on est obligé de traiter le mélange par le bisulfate de potassium de façon telle que les deux acides entrent en solution; on peut alors employer l'ammoniaque, mais, dans les deux cas, on est obligé d'en ajouter un excès et l'on sait que, dans ces conditions, de petites quantités d'acide titanique se dissolvent.

» La méthode que nous proposons est basée sur les réactions suivantes :

» Lorsque, dans un mélange formé de 8 parties d'azotate de potassium et de 2 parties de carbonate de potassium et maintenu à sa température de fusion, on ajoute de l'acide tungstique calciné ou non, il s'y dissout entièrement au bout de huit à dix minutes; la masse refroidie reprise par l'eau donne une solution claire dans laquelle l'acide tungstique est sous forme de tungstate de potasse;

» 2° Lorsque dans un mélange identique, maintenu à la même température, on ajoute de l'acide titanique et, en maintenant le rouge sombre pen-

(¹) Ce travail a été fait au laboratoire des Hautes Études de M. Moissan.

dant vingt à trente minutes, si l'on reprend la masse par l'eau, on ne trouve pas traces d'acide titanique dans la solution;

» 3° Lorsque dans un même mélange et dans les mêmes conditions de température (huit à dix minutes) on ajoute du tungstène métallique, il ne tarde pas à disparaître entièrement et la masse reprise par l'eau donne une solution parfaitement limpide;

» Lorsqu'on ajoute dans le mélange en fusion du titane métallique, il s'oxyde et la masse blanche reprise par l'eau ne décèle aucune trace de titane dans la solution.

» *Manière d'opérer.* — La prise d'essai, soit mélange des deux acides calcinés ou non, soit alliage, est traitée au creuset de platine par 7 à 8 fois son poids d'un mélange formé de :

Azotate de potassium............	8 parties
Carbonate de potassium..........	2 »

on chauffe au rouge sombre de vingt à trente minutes, on obtient une masse blanche qu'on reprend par l'eau après refroidissement; le produit est évaporé à sec au bain-marie afin d'avoir une liqueur filtrée parfaitement claire; on lave d'abord par décantation, on continue les lavages de la partie insoluble sur le filtre avec de l'eau chargée d'azotate d'ammoniaque; sans cette précaution, de petites quantités de la partie insoluble passeraient au travers du filtre et troubleraient le liquide filtré.

» Dans la liqueur, à laquelle on a réuni les eaux des lavages, on dose le tungstène, en le précipitant sous forme de tungstate mercureux, en employant les précautions indiquées en pareil cas. Le résidu qui se trouve sur le filtre est séché, calciné; on le traite ensuite par le bisulfate de potassium, afin d'y doser le titane suivant le procédé le plus généralement employé.

» Il est important de ne pas trop élever la température, c'est-à-dire de ne pas atteindre le rouge, et de ne pas la maintenir un temps exagéré (cinquante minutes à une heure).

» Dans les conditions indiquées, la séparation est rapide et complète [1]. »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le spectre des chlorophylles.* Note de M. A. **Étard**, présentée par M. Henri Moissan.

« De nombreux auteurs se sont occupés du spectre de la *chlorophylle;* mais si, comme je le soutiens, il existe plusieurs pigments verts, non seulement dans les diverses familles végétales, mais encore dans la feuille d'une même espèce, les spectres dessinés jusqu'à présent ne peuvent être

---

[1] Ce travail a été fait au laboratoire des Hautes Études de M. Moissan.

valablement discutés. Beaucoup, d'ailleurs, proviennent de plantes mélangées, leurs chlorophylles étant supposées identiques.

» Tschirch ([1]), dans sa bibliographie raisonnée de la question chlorophyllienne, a comparé, entre autres, des spectres de feuilles *en vie* provenant de nombreuses espèces et les regarde comme pratiquement identiques. Mais le spectre d'une feuille vivante est le spectre de l'ensemble des colorants verts et des dissolvants cellulaires. Il doit être une résultante par superposition.

» Les chlorophylles ont certainement un noyau absorbant commun; les groupes qui s'y ajoutent ou s'en retranchent peuvent cependant modifier le nombre, la disposition et l'intensité des bandes obscures.

» Les détails les plus fins et les plus caractéristiques des spectres tendent à disparaître vus sous une épaisseur difficile à régler.

» On n'étudie pas les chlorophylles sans enlever, très facilement, aux extraits des cristaux verts, considérés comme de la chlorophyllane, et qui sont, comme je l'ai montré, des cires teintes en vert. Les spectres attribués à cette matière ne peuvent compter, même si elle avait la formule

$$(x + y + z + \text{Phyllotaonine})$$

que, tout récemment, Marchlewsky ([2]) écrivait comme possible.

» La connaissance des chlorophylles, si importante en Chimie biologique, peut avancer rapidement si l'on opère sur de grandes quantités d'une chlorophylle définie comme espèce chimique. Il ne serait pas exact de croire que, les chlorophylles ayant cessé de vivre, nos matières vertes, extraites de cellules, soient très altérables et très délicates. Elles peuvent, au contraire, être décomposées lentement, d'une façon rationnelle, par les méthodes de la Chimie organique et laisser voir les pièces successives de leur structure moléculaire. Ce travail exigerait, toutefois, des quantités de matière qu'il n'est pas possible d'obtenir dans un laboratoire.

» Afin qu'une étude spectrale soit comparative, il est indispensable de prendre *une* chlorophylle d'une *espèce* chimique définie et d'examiner sa solution *titrée* en grammes ou molécules dans un dissolvant *donné* sur une *longueur* fixe.

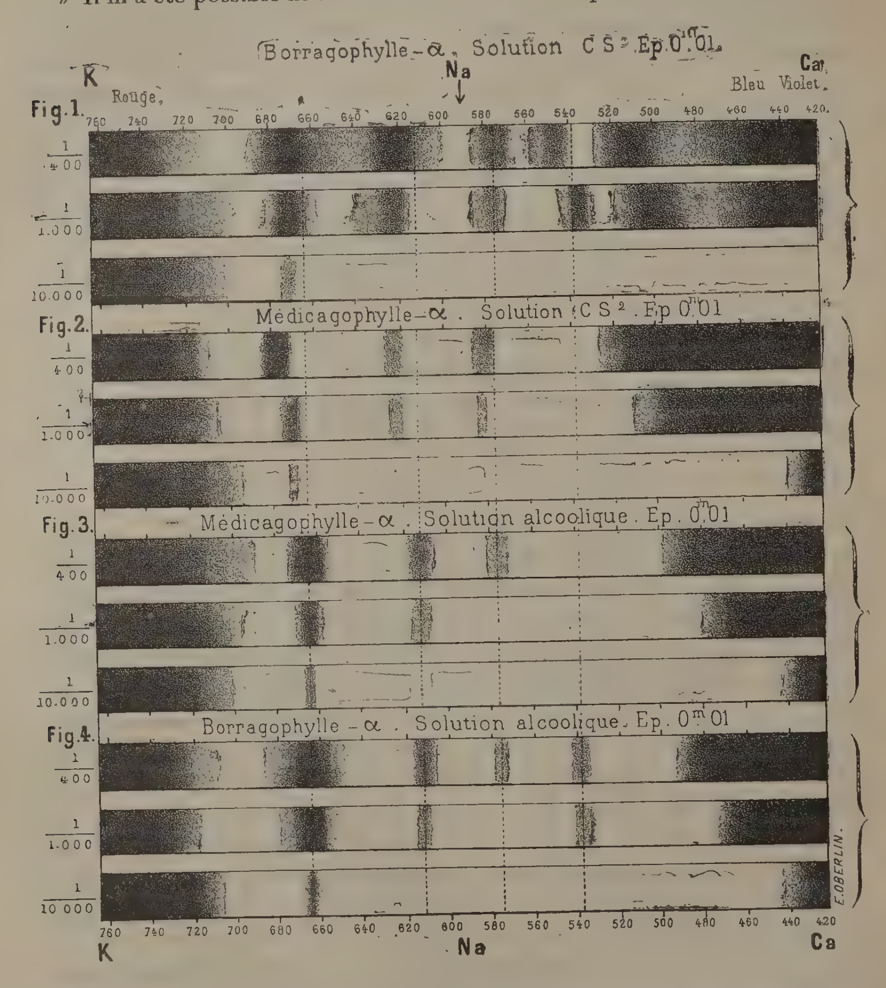
» Ces règles reconnues indispensables dans d'autres recherches physiques ou spectrales n'ont pas été appliquées aux chlorophylles. De là, dé-

---

([1]) *Untersuchungen über das Chlorophyll;* 1884.
([2]) *Die Chemie des Chlorophylles.* L. Voss, Leipzig, p. 60.

coule la multiplicité des opinions émises et la difficulté de faire un choix parmi elles.

» Il m'a été possible de satisfaire aux conditions qui viennent d'être énu-



mérées pour deux chlorophylles dans deux dissolvants. Les observations dessinées sur papier quadrillé sont repérées en longueurs d'onde autant que des bandes estompées le permettent et rendent l'aspect, vu à l'oculaire du spectroscope.

» Pour ces bandes délicates, le spectrophotomètre, même entre les mains de personnes très expérimentées, ne m'a pas semblé donner de résultats satisfaisants. Cet instrument exige le jugement de l'œil et il vaut mieux l'exercer directement.

» La médicagophylle-α $C^{28}H^{45}AzO^{4}$ et la borragophylle-α $C^{34}H^{53}AzO^{12}$ présentent des bandes d'absorption, qui sont représentées par la figure ci-dessus à trois états de concentration : $\frac{1}{400}$, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{10000}$, dans deux dissolvants : l'alcool à 90° et le sulfure de carbone pur. Longueur de solution : $0^{m},20$.

» 1. Toutes choses égales d'ailleurs, la variation de concentration rend méconnaissable une même chlorophylle. Cela est d'observation courante même sur les extraits chlorophylliens vulgaires. Il y a par excès de concentration empâtement du spectre. Mais, en outre, les bandes paraissent déplacées sans doute parce qu'on apprécie mal le centre d'une bande trop large ou pour d'autres raisons.

» Au $\frac{1}{10000}$, les spectres se réduisent à une bande par suite de la disparition des ombres les plus faibles. La bande principale de l'orangé reste alors seule.

» 2. *Longueur.* — Elle agit comme la concentration.

» 3. *Nature du dissolvant.* — On sait que le spectre chlorophyllien, comme celui d'autres matières fluorescentes, est reporté vers le rouge dans des dissolvants tels que le sulfure de carbone. Pour une chlorophylle pure, les bandes spécifiques sont fortement déplacées et très nettes; le spectre est véritablement transposé. Dans le sulfure de carbone, les spectres sont particulièrement nets; c'est dans ce liquide qu'il convient de les observer quand la solution est possible.

» Les solutions sulfocarboniques sont souvent d'un jaune brun qui ne rappelle en rien la couleur verte de la teinture alcoolique.

» 4. *Espèces chimiques.* — Les chlorophylles $C^{28}H^{45}AzO^{4}$ et $C^{34}H^{53}AzO^{12}$, provenant de deux plantes différentes, ont un spectre différent.

» La chlorophylle de luzerne entre l'ombre du rouge, comptée à partir de la raie de K, et l'ombre du violet, finissant dans la planche à la raie de Ca, possède trois bandes en solution alcoolique; la bourrache en a cinq. L'intensité et la netteté de l'absorption sont également visibles.

» Dans une de mes premières Notes sur la chlorophylle (*Comptes rendus*, t. CXIX, p. 289), je rappelais que le véritable pigment vert de certaines espèces végétales avait été isolé par M. A. Gautier. A propos de la caractéristique spectrale des chlorophylles, je pense que les résultats consignés

dans cette Note sont en complet accord avec les vues et les expériences de l'éminent chimiste sur les variations de composition des principes immédiats dans les espèces végétales. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la fixation de l'azote atmosphérique par l'association des algues et des bactéries.* Note de M. **Raoul Bouilhac**, présentée par M. Dehérain.

« Depuis les recherches de MM. Berthelot, Hellriegel, Wilfarth et Winogradsky, on sait que l'azote de l'air peut être fixé par l'intervention des êtres inférieurs. Cette fixation permet d'expliquer l'enrichissement en azote des prairies naturelles, observé depuis longtemps par MM. Lawes et Gilbert à Rothamstedt, et par M. Dehérain à Grignon. MM. Schlœsing fils et Laurent ont reconnu en outre que des sols, sur lesquels s'étaient développées des algues peut-être mélangées de bactéries, fixaient l'azote de l'atmosphère. M. Kossovitch, en cultivant le Cystococcus sur des milieux divers, les a vus s'enrichir en azote grâce aux microbes qu'il y avait introduits. Mais les expériences de ce savant n'indiquent pas le rôle direct des bactéries sur le développement d'une algue telle que le Cystococcus. Quel est dans ce cas leur action, et dans quelle mesure favorisent-elles la végétation de la plante?

» C'est ce que j'ai voulu essayer de préciser par des cultures expérimentales.

» A cet effet, j'ai commencé par isoler des algues à l'état pur. Ma semence primitive provenait d'un groupe d'algues dont les spores se trouvaient dans l'atmosphère et qui sont venues se développer dans une solution nutritive exposée librement à l'air. Par des ensemencements successifs, j'ai isolé trois algues : la *Schizothrix lardacea,* l'*Ulothrix flaccida* et le *Nostoc punctiforme.*

» *Cultures de la Schizothrix lardacea et de l'Ulothrix flaccida.* — Je dispose six matras dans lesquels je verse 1^{lit} d'une solution nutritive, dont la composition est la suivante :

Eau distillée	1^{lit}
Phosphate neutre de potasse	$0^{gr},2$
Sulfate de magnésie	$0^{gr},2$
Sulfate de potasse	$0^{gr},2$
Carbonate de chaux	$0^{gr},1$
Chlorure de fer	traces

» Ces six matras furent ensemencés au mois de mai 1896, avec la *Schizothrix lardacea*. Trois de ces matras furent choisis comme témoins ; dans les trois autres, je versais une goutte de délayure de terre.

» Six autres matras furent également disposés pour des cultures d'*Ulothrix flaccida*.

» Dans aucun de ces vases, qu'ils aient reçu ou non de la délayure de terre, une végétation quelconque ne put apparaître.

» Cultures de Nostoc punctiforme. — *Expérience I.* — A la même époque, je disposai encore, et de la même manière, six matras qui furent ensemencés avec le *Nostoc punctiforme*. Au mois d'octobre dernier, l'aspect comparatif des cultures indiquait des résultats d'une netteté absolue. Les témoins ne présentaient aucune végétation ; mais, dans les trois autres vases, on voyait nageant à la surface de belles nappes vertes. Les récoltes obtenues ont été pesées à l'état sec, et l'azote qu'elles contenaient a été dosé par la méthode Kjeldahl. Le Tableau suivant résume les résultats de l'expérience ; on remarquera que, dans le matras n° 6, la délayure de terre a introduit un spore d'*Hyphéothrix*.

Numéros des matras.	Résultats de l'examen des Algues.	Récoltes.	Azote absorbé.	Azote contenu dans 100 de matières sèches.
N° 1 témoin......	Nostoc sans bactéries.	Néant	Néant	Néant
N° 2 »	»	»	»	»
N° 3 »	»	»	»	»
N° 4 »	Nostoc punctiforme et bactéries.	gr 0,705	mgr 23,4	3,3 %
N° 5 »	Nostoc punctiforme et bactéries.	0,564	20	3,5 %
N° 6 »	Nostoc punctiforme, filament d'*Hyphéothrix* et bactéries.	0,353	11,1	3,1 %

» *Expérience II.* — J'ai montré, depuis un certain temps, que certaines algues étaient capables de vivre en présence de l'acide arsénique. Il pouvait paraître intéressant de rechercher si les bactéries qui fixent l'azote sur les algues étaient encore susceptibles de se comporter comme elles en présence du même acide.

» A la solution nutritive précédemment employée, j'ajoutais par litre $0^{gr},1$ d'acide arsénique sous forme d'arséniate de potasse.

» Douze matras contenant un litre de cette solution furent ensemencés au mois de juin avec le Nostoc punctiforme.

» Quatre d'entre eux furent choisis comme témoins ; dans les huit autres j'ajoutai une goutte de délayure de terre et ces derniers seuls ont donné des récoltes. Elles ont été pesées et analysées et le Tableau suivant résume l'expérience :

Numéros des matras.	Nature des algues.	Poids des récoltes pesées à l'état sec.	Azote contenu dans la récolte.	Azote pour 100 de matières sèches.
N° 1...	Nostoc punctiforme pur.	Néant.	Néant.	Néant.
N° 2...	Id.	Id.	Id.	Id.
N° 3...	Id.	Id.	Id.	Id.
N° 4...	Id.	Id.	Id.	Id.
N° 5...	Nostoc et bactéries.	$0^{gr},322$	$10^{mgr},5$	3,2 pour 100
N° 6...	Id.	$0^{gr},295$	$11^{mgr},8$	4,0 pour 100
N° 7...	Id.	$0^{gr},183$	$6^{mgr},5$	3,5 pour 100
N° 8...	Id.	?	?	?
N° 9...	Id.	$0^{gr},154$	$5^{mgr},8$	3,7 pour 100
N° 10...	Nostoc mêlé d'*Hyphéothrix*, de *Pleurococcus* et de bactéries.	$0^{gr},322$	$10^{mgr},7$	3,3 pour 100
N° 11...	Nostoc mêlé d'*Ulothrix*, d'*Hyphéothrix* et de bactéries.	$0^{gr},381$	12^{mgr}	3,6 pour 100
N° 12...	Nostoc mêlé d'*Hyphéothrix*, et de bactéries.	$0^{gr},545$	$20^{mgr},6$	3,7 pour 100

» La culture n° 8 n'a pas été pesée, et la plante obtenue a été réservée pour des expériences ultérieures; dans les cultures 10, 11 et 12 la délayure de terre a introduit des spores d'algues diverses.

» *Conclusions.* — 1° Ces expériences montrent que la *Schizothrix lardacea* et l'*Ulothrix flaccida* ne peuvent croître en solutions nutritives exemptes d'azote, même en présence des bactéries du sol. Au surplus, on conçoit aisément qu'en l'absence de toute matière organique ces bactéries soient incapables de se développer. Mais il en est tout autrement avec le *Nostoc punctiforme*. Dans ce cas, l'association de cette algue et des bactéries permet le développement simultané des deux espèces et la fixation de l'azote se produit alors avec la netteté qu'indiquent les chiffres cités plus haut.

» 2° Mes analyses démontrent, en outre, que la richesse en azote de cette plante est comparable à celle des Légumineuses.

» 3° Comme le *Nostoc*, les bactéries fixatrices d'azote peuvent vivre dans une solution contenant $\frac{1}{40000}$ d'acide arsénique. Je me fais un devoir, en terminant, de remercier M. Bornet, qui, avec une complaisance inépuisable, a bien voulu, à diverses reprises, examiner mes cultures et déterminer les espèces qui les composaient. »

CHIMIE MINÉRALE. — *La matière organique de l'eau minérale de Tulle-Haut, commune de Tilh* (*Haute-Garonne*). Note de M. F. Garrigou, présentée par M. Arm. Gautier.

« On s'est fort peu occupé, jusqu'à ce jour, de la séparation des diverses matières organiques que les eaux minérales tiennent en solution. Nous pensons être le seul qui ayons signalé (en dehors des acides acétique, butyrique, ulmique, etc.) des matières organiques, alcaloïdiques et acides déjà connus dans les sources médicinales.

» Nous tenons à faire connaître à l'Académie une série de réactions qui démontrent nettement l'existence d'une matière alcaloïdique dans une source nouvelle, la source du *Bas-du-Champ*, à Tilh (Haute-Garonne), en attendant que notre préparateur, M. Ch. Poisson, publie un travail détaillé sur cette eau.

» Nous avons évaporé trente litres d'eau de Tilh, de manière à les réduire à 100^{cc} environ, en employant notre méthode du vide, les appareils distillatoires étant constitués par un alambic en verre et un réfrigérant en platine. Après cette concentration, nous avons adopté le mode de traitement suivant :

» 1° Addition au concentré, de 10^{cc} d'acide sulfurique au $\frac{1}{5}$, et digestion durant trois heures, à 50° ;

» 2° Filtration sur de la mousse de verre, évaporation jusqu'à consistance un peu épaisse ;

» 3° Agitation avec de l'ammoniaque liquide et chauffage pendant une heure à 40° ;

» 4° Épuisement de ce mélange à la benzine, puis décantation et filtration de la benzine ;

» 5° Évaporation de cette solution dans le vide, ou mieux à l'air à l'abri des poussières ;

» 6° Nouveau lavage du liquide mère avec divers dissolvants : alcool amylique, chloroforme, éther, térébenthine, etc. et concentration des liqueurs à basse température.

» Voici les réactions obtenues avec ces extraits de l'eau de Tilh :

A. — *Traitement par la benzine* (*milieu alcalin*).

Iodure double de potassium et de mercure..	Précipité blanc jaunâtre.
Réactif de Frœhde..........	Rien.
Phosphomolybdate de sodium.............	Précipité jaune.

Iode en solution dans iodure de potassium..	Précipité rouge foncé, dichroïque.
Réactif d'Erdmann........................	Rien.
Acide iodique........................	Louche blanc.
Réactif de Dragendorff....................	Précipité rouge.
Réactif de Nessler........................	Précipité orangé faible.

B. — *Traitement par l'alcool amylique* (*milieu alcalin*).

Iodure double de potassium et de mercure..	Précipité jaune verdâtre.
Réactif de Frœhde........................	Précip. blanchi soluble dans un excès.
Phosphomolybdate de soude..............	Précipité jaune.
Iode en solution dans l'iodure de potassium.	Précipité rouge foncé, dichroïque.
Réactif d'Erdmann........................	Précipité soluble dans excès.
Acide iodique........................	Louche blanc soluble dans excès.
Réactif de Dragendorff....................	Précipité rouge.
Réactif de Nessler........................	Précipité couleur coing.

C. — *Traitement à la térébenthine.*

» On a eu de très légers précipités avec plusieurs des réactifs précédents.

Avec l'iode en solution dans l'iodure de potassium.	Précipité rouge, non dichroïque.
Avec l'iodure de bismuth........................	Précipité rouge.
Avec l'acide iodique, les réactifs Nessler et Erdmann.	Rien.

D. — *Traitement de la liqueur-mère épuisée par les dissolvants.*

» Cette liqueur, après avoir été évaporée à sec à une basse température dans le vide, a été reprise par de l'acide sulfurique dilué, et traitée par les divers réactifs des alcaloïdes déjà mentionnés.

» Voici les résultats obtenus sur les portions solubles dans la benzine :

Iodure de potassium et de mercure............	Précipité couleur coing.
Réactif de Frœdhe...........................	Léger trouble.
Iode en solution dans l'iodure de potassium....	Précipité brun rougeâtre foncé.
Tannin....................................	» »
Réactif d'Erdmann..........................	Léger trouble.
Acide iodique..............................	»
Iodure de bismuth..........................	Précipité brun rouge, dichroïque.
Réactif de Nessler..........................	Précipité rouge orange.
Phosphomolybdate de soude..................	Précipité vert.

» Telles sont les réactions qui démontrent, plus nettement que nous n'avions pu le faire dans aucune autre eau minérale, la présence d'un alcaloïde organique dans l'eau de Tulle-Haut.

» Nous ajouterons, pour terminer, que ces eaux sont fort riches en

métaux, et dénotent des relations profondes et intimes avec les terrains anciens, chose fort intéressante, vu leur situation au centre du bassin sous-pyrénéen. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur la répartition de la lipase dans l'organisme.* Note de M. **Hanriot**, présentée par M. Arm. Gautier.

« Dans une Note précédente (*Comptes rendus*, t. CXXIII, p. 753) j'ai montré que le sérum du cobaye et du lapin renfermait un ferment hydratant des graisses, et j'ai décrit le procédé qui m'avait permis de le constater. J'ai depuis étendu ces recherches aux sérums de divers Mammifères, et cherché à établir la localisation de ce ferment dans les tissus et humeurs de l'organisme.

» Les sérums étudiés provenaient des espèces suivantes : homme en santé (sang artériel), chien, cheval, bœuf, veau, mouton, âne, cobaye et lapin. Tous ont présenté la réaction caractéristique de la lipase, mais avec des intensités variables. Il serait, je crois, prématuré de tirer une conclusion quelconque de ces variations; j'ai montré, en effet, que l'action du sérum varie pour un même animal avec les conditions d'alimentation et de travail; or la plupart des sérums que je viens de mentionner provenaient de l'abattoir et je n'ai pu avoir de renseignements suffisants sur les animaux qui les avaient fournis pour pouvoir les comparer entre eux. Mais ce qui ressort de cette recherche, c'est que la présence de la lipase dans le sérum est un phénomène général chez les Mammifères.

» Pour évaluer les quantités relatives de lipase des divers tissus de l'organisme, j'ai préparé des infusions de tissus présentant toutes la même concentration. J'y suis arrivé de la façon suivante : un animal était saigné à blanc; le sang était abandonné à la coagulation; on prélevait immédiatement les organes que l'on voulait étudier, on les pesait, on les triturait avec du sable et l'on délayait la pulpe dans le mortier même avec vingt fois son poids d'eau; puis, après un contact d'un quart d'heure, on filtrait sur le papier et l'on évaluait la richesse des liquides en lipase par le procédé décrit précédemment.

» Les résultats obtenus sont consignés dans le Tableau suivant :

	Sérum 1^{cc}.	Lymphe.	Pancréas.	Foie.	Muscle.	Capsules surrénales.	Testicule.	Corps thyroïde.	Rate.
0^h.25^m	11	0	10	3	0	1	0	0	1
2.25	33	1	32	10	1	3	1	2	3
2.55	43	2	42	13	1	4	1	2	3
4.25	60	4	59	18	2	6	2	3	3
5.5	80	5	82	24	3	9	3	5	5

» Il s'ensuit que, parmi les organes examinés, seuls le pancréas, le foie et le sérum se sont montrés actifs; les chiffres très faibles qui correspondent aux autres tissus sont vraisemblablement dus à la petite quantité de sang qui y était restée.

» Quelle est l'origine de la lipase dans l'organisme? On voit de suite que l'on ne peut attribuer sa production ni au testicule, ni au corps thyroïde, ni à la rate, ni aux capsules surrénales dont l'influence sur l'engraissement ou l'amaigrissement est cependant hors de doute. Je ne crois pas non plus que le pancréas soit le producteur de ce ferment : j'ai, en effet, effectué sur un chien l'ablation du pancréas, et j'ai constaté que le sang recueilli au bout de vingt-quatre heures m'a fourni un sérum un peu plus actif que celui d'un chien normal; je signalerai, toutefois, que l'ablation du pancréas n'avait pas été complète et que j'ai pu constater, à l'autopsie, qu'il en restait deux petits fragments.

» On peut aussi supposer que la lipase provient des globules sanguins; c'est ainsi qu'on a montré que le ferment fibrinogénique et le ferment glycolytique, que l'on trouve dans le sérum, ne se rencontrent pas dans le plasma. Pour résoudre cette question, j'ai recueilli, dans deux vases, du sang artériel de chien; l'un d'eux fut abandonné à la coagulation spontanée, et j'en ai examiné le sérum; l'autre fut additionné d'oxalate de potassium, puis centrifugé immédiatement; son plasma, séparé des globules, me fournit une activité comparable à celle du sérum obtenu précédemment. Ce ferment existe donc bien dans le plasma et ne sort pas des globules après la mort.

» Il résulte des faits qui précèdent que le ferment lipasique qui se rencontre dans le sang fait défaut dans la plupart de nos organes (sauf le pancréas et le foie, où il remplit une destination spéciale). Son rôle dans les actes de dénutrition est de solubiliser les réserves graisseuses et de les remettre en circulation dans le sang, où elles ne tarderont pas à être comburées. Il importe donc bien de distinguer l'*action lipasique du sang*, qui n'entraîne que la saponification des graisses, de l'*action lipolytique*, signalée récemment par Cohnstein et Michaelis, qui appartient seulement aux globules sanguins, et qui consiste en une oxydation complète des graisses en eau et acide carbonique. »

PHYSIOLOGIE. — *L'achromatomètre*. Note de M. **A.-M. Bloch**, présentée par M. Marey.

« Je désigne sous le nom d'*achromatomètre* un instrument destiné à mesurer la pression nécessaire pour décolorer, en la rendant exsangue, une région limitée du tégument. La pression est exercée par une lame de verre adaptée à une tige à ressort graduée en grammes; cette disposition permet de se servir de l'instrument dans une position quelconque et, par conséquent, sur toutes les régions des corps.

» En 1875, von Kries employait des lames de verre qu'il chargeait de poids, pour obtenir un résultat semblable. En 1880, Roy et Graham utilisaient la méthode de von Kries pour décolorer la membrane interdigitale de la patte de la grenouille; mais la nécessité de placer la plaque horizontalement rendait peu pratique ce procédé d'exploration, tandis que l'achromatomètre se prête à des examens variés et commodes.

» L'instrument se compose d'une tige métallique entrant dans un étui qui contient un ressort à boudin. La tige se termine par un étrier d'acier dont la base est formée par un disque de verre de 8^{mm} de diamètre. Pour s'en servir, on comprime directement les parties résistantes, comme le front, les ongles, la peau des membres, et l'on peut opérer en plein jour. Quand il s'agit de parties mobiles, le lobule de l'oreille, la peau du scrotum, il faut établir un point d'appui à la pression de l'instrument, en plaçant de l'autre côté de l'organe à étudier une plaque de verre que l'on tient à la main. On éclaire cet autre côté avec une bougie et, pour mieux faire, on se place dans la chambre noire.

» La pression nécessaire pour produire la décoloration mesure, jusqu'à un certain point, la tension des petits vaisseaux sous-jacents. Elle est également fonction de la résistance des tissus que l'instrument comprime, aussi le procédé ne peut-il pas donner la mesure absolue de la pression sanguine dans les capillaires. Mais le but est surtout d'obtenir la comparaison de résultats successifs pendant le cours de certaines maladies et comme, dans ces cas, les tissus demeurent sensiblement identiques, on peut attribuer aux pressions capillaires les différents résultats que donne l'achromatomètre. Les courbes que l'on peut établir prennent plus d'importance encore lorsqu'on les compare à celles que fournit l'examen de la tension du pouls et, à ce propos, je rappellerai le procédé d'exploration de l'artère

radiale dont je suis l'auteur et l'instrument que j'ai présenté à la Société de Biologie en 1888, sous le nom de *sphygmomètre*.

» C'est un instrument semblable à l'achromatomètre, mais plus puissant, permettant des pressions de 1000^{gr}, alors que le premier ne va que jusqu'à 300^{gr}. Au lieu du disque de verre, la tige du sphygmomètre se termine par un patin plat et c'est ce patin qu'on appuie sur l'ongle du doigt qui est appliqué sur l'artère.

» Tenant l'instrument d'une main, on presse sur le doigt de l'autre main, jusqu'à ce que l'artère cesse de battre et on lit sur la tige le nombre de grammes qu'il a fallu pour produire cet effet.

» Ici encore, on ne peut pas attribuer à la pression sanguine seule la résistance que l'artère offre à l'écrasement. Mais cette pression est le facteur principal du résultat et, lorsqu'on suit un malade, de jour en jour, on peut tracer la courbe des chiffres qu'il a fournis et considérer cette courbe comme représentant sensiblement les modifications de la pression sanguine artérielle.

» Je réserve pour une prochaine Note l'exposé des observations que j'ai prises dans mon service de l'Asile de Vincennes, en appliquant à certains malades, et concurremment, les deux examens.

» J'ajoute que j'ai fait construire un second instrument plus délicat, dont je me suis servi pour décolorer les vaisseaux de l'oreille du lapin. Le procédé pourra, je l'espère, être employé en Physiologie. »

ZOOLOGIE. — *Sur le parasitisme des* Monstrillidæ. Note de M. A. GIARD.

« Dans une Note antérieure (*Comptes rendus*, 29 avril 1895), j'ai signalé les faits qui me portaient à considérer les Copépodes de la famille des *Monstrillidæ* comme des parasites au moins temporaires des Annélides du genre *Polydora*. Vainement, pour compléter la démonstration de cette particularité éthologique, j'ai examiné à Wimereux des centaines de *Polydora ciliata* Johnston et de très nombreuses *P. cæca* OErsted. Aucun d'entre eux ne présentait de parasites. M. F. Mesnil, qui a bien voulu sur ma demande examiner aussi une grande quantité de Polydores recueillis à Omonville-la-Petite (Manche), n'a pas été plus heureux, tant que ses recherches ont porté sur les deux espèces déjà citées et en outre sur bon nombre de *P. flava* Clpd., et sur deux autres Polydores un peu moins répandus. Mais une sixième espèce (*P. Giardi* Mesn.), vivant avec les précédentes dans les thalles calcaires des *Lithothamnion*, lui a fourni, dans la seconde quinzaine de juillet, douze exemplaires parasités. Le *P. Giardi* est précisément l'Anné-

lide qui nous avait mis sur la voie de la découverte du parasitisme des *Monstrillidæ*. Il est important de noter que le moment le plus favorable pour étudier ce curieux parasitisme paraît être la saison chaude ; car, à partir du mois d'août, malgré des recherches attentives, on ne trouve plus de Polydores infestés.

» Le matériel recueilli et parfaitement préparé par M. F. Mesnil m'a permis de compléter, dans une assez large mesure, mes premières observations.

» Le parasite de *P. Giardi* est un *Thaumaleus* que j'identifie provisoirement au *Th. germanicus* Timm, d'Helgoland. Tous les exemplaires rencontrés cette année sont des femelles généralement presque adultes et sur le point de quitter leur hôte. Chez toutes, le thorax est rempli d'œufs d'une belle couleur verte et l'appareil ovigère est déjà développé. Les mâles ont sans doute une évolution plus précoce, comme cela a lieu chez beaucoup de Crustacés.

» A première vue, le *Thaumaleus* parasite semble plongé librement dans la cavité générale de l'Annélide. On croirait avoir sous les yeux un cas de paratisme interne. Une étude plus approfondie prouve qu'en réalité le Copépode se comporte comme les Entonisciens et comme un grand nombre de larves de Tachinaires. Il est entouré d'une membrane appartenant à l'hôte et qu'il a refoulée en grandissant comme une sorte d'amnios. Cette membrane demeure en communication avec l'extérieur par l'ouverture d'entrée du parasite. Je pense, sans pouvoir l'affirmer, que dans le cas actuel la porte d'entrée est l'orifice externe d'un organe segmentaire et que le Copépode a déterminé une invagination de la paroi de la néphridie, comme certaines larves de Tachinaires ayant pénétré par les stigmates de leur hôte produisent une invagination de la paroi du tronc trachéen. La membrane est intimement appliquée contre le corps du Crustacé, dont elle suit tous les contours. Même les deux branches de l'appareil qui doit porter les œufs, repliées sur elles-mêmes en zigzag, sont revêtues chacune séparément d'un diverticule de l'amnios : mais les deux antennes sont réunies dans un capuchon unique, terminé par un cône effilé.

» Le *Thaumaleus* est généralement orienté comme le Polydore, la tête dirigée vers la tête de son hôte, le dos tourné vers l'extérieur et la face ventrale regardant le tube digestif de l'Annélide. La plupart des exemplaires sont logés dans la région qui suit le pharynx. Dans quatre cas, les yeux du *Thaumaleus* étaient à la hauteur du vingt-septième segment sétigère. Chez un *Polydore* de 75 anneaux, le parasite occupait les segments 27-45. Une

seule fois, le Crustacé remontait jusqu'au dix-septième sétigère. Une seule fois également, le *Thaumaleus* était dirigé la tête vers la partie postérieure de l'Annélide; mais, dans ce cas, le parasite était de petite taille et immature.

» Le rostre et ses dépendances sont les seules parties de l'organisme du *Thaumaleus* qui soient en contact direct avec l'hôte. Tous les exemplaires que nous avons vus étaient déjà complètement dépourvus de tube digestif. Mais au point buccal sont insérés deux longs appendices filiformes, acuminés, d'une structure homogène. Ces appendices ont une longueur égale à celle du thorax, c'est-à-dire qu'ils mesurent à peu près la moitié de la longueur totale du Copépode. Ils sont plongés dans la cavité générale de l'hôte et généralement dirigés vers le haut, au-dessus de la tête du parasite. Une seule fois ils étaient réfléchis le long de la partie ventrale du thorax. Il me semble qu'on peut les comparer aux prolongements beaucoup plus irréguliers que les *Herpyllobius* envoient dans l'intérieur de leur hôte et leur attribuer le rôle d'appareils absorbants servant à la nutrition du parasite. Ils ne sont pas recouverts par l'amnios. Ils se détachent avec la plus grande facilité et l'on ne les retrouve plus sur le Copépode devenu libre.

» La cuticule du *Thaumaleus* présente, sur la partie antérieure du corps, un grand nombre de papilles très petites et assez régulièrement espacées, qui doivent permettre au Crustacé de se mouvoir plus facilement dans la membrane amniotique. Ces papilles sont comparables aux squames de la cuticule des Entonisciens; les ornementations signalées par Giessbrecht, chez le *Th. reticulatus,* me paraissent d'autre nature.

» La grandeur des individus observés était variable. Chez des spécimens mesurant $3^{mm},5$, $2^{mm},1$, $1^{mm},3$, la longueur des appendices absorbants était respectivement de $1^{mm},8$, 1^{mm} et $0^{mm},7$.

» La sortie du parasite s'observe facilement chez les Polydores infestés, maintenus en captivité. Elle s'opère par la rupture des téguments de l'Annélide et de la membrane amniotique. Le milieu du corps est la région qui émerge d'abord. L'extrémité antérieure se dégage ensuite, puis enfin l'extrémité postérieure. Souvent le *Thaumaleus* garde une partie plus ou moins grande des débris de sa membrane d'enveloppe, ce qui peut donner l'illusion d'une mue. Il paraît d'ailleurs probable qu'une véritable mue se produit réellement peu après la mise en liberté.

» En résumé, les *Monstrillidæ* nous offrent le premier exemple connu de Crustacés parasites, se comportant, dans leurs rapports avec leur hôte et au point de vue du moment où ils deviennent libres, à peu près comme les Insectes Diptères du groupe des Tachinaires.

» Les *Thaumaleus* sortent de leur hôte uniquement pour la ponte et la dissémination des embryons, qui doivent s'accomplir pendant la période assez courte de vie pélagique. Il reste à étudier l'organisation des jeunes récemment éclos et les premières transformations consécutives à l'établissement de la vie parasitaire.

» Il reste aussi à découvrir les hôtes qui hébergent les diverses espèces de *Monstrillidæ* rencontrées dans les pêches de surface. »

ZOOLOGIE. — *Recherches sur la morphologie du* Trichomonas intestinalis. Note de M. J. **Kunstler**, présentée par M. Milne-Edwards.

« Malgré ses multiples variations de forme et la fréquente production de pseudopodes de toutes dimensions, la configuration du corps du *Trichomonas intestinalis* peut être ramenée à un type piriforme, avec une grosse extrémité arrondie et une autre pointue. Cette dernière est courte ou longue; elle est souvent cylindrique et marquée de striations transversales, ou bien tordue en spirale.

» La grosse extrémité porte les *flagellums* soit au pôle, ou, plus souvent, en arrière sur la face dorsale.

» Pour le *Trichomonas vaginalis* (*Comptes rendus*, 1er octobre 1879), j'ai décrit autrefois (observation corroborée par divers auteurs), près de la base de ces filaments, une *bouche* donnant entrée dans une sorte de tube œsophagien analogue à ce qu'on voit chez divers Protozoaires.

» Dans un Mémoire ultérieur, traitant de la morphologie des Flagellés libres et paru en 1889, je suis arrivé à cette conclusion que, en général, les dépressions observées à la base des *flagellums* n'étaient pas des orifices buccaux, mais constituaient des sortes d'*infundibulums* particuliers, au fond desquels s'insèrent les filaments qui se prolongent même à travers leur paroi, souvent assez loin, sous forme de fines lignes sombres, d'aspect quelquefois pointillé.

» Le *Trichomonas intestinalis* ne fait pas exception à cette règle; sa prétendue bouche n'est autre chose qu'une cupule flagellifère analogue à ce que j'ai nommé autrefois *cavité prostomienne*. Cette excavation, plus ou moins profonde, présente un bord libre régulièrement ornementé et d'aspect solide, tandis que le fond paraît souple.

» Avant mes premières recherches sur le *Trichomonas vaginalis*, les auteurs attribuaient à ces êtres un, deux et quelquefois même trois flagellures. J'ai été le premier à affirmer l'existence de quatre de ces prolongements, observation qui a été vérifiée par divers auteurs, tels que Henneguy, Marchand et Dock.

» Chez la Trichomonade intestinale, il n'en est aucunement ainsi. Elle en présente un nombre bien plus considérable, de sorte qu'il devient probable que les premières observations sont erronées et qu'il en est de même chez les espèces ou variétés voisines. J'en ai, en effet, vu quatre, huit, dix et jusqu'à une quinzaine; les filaments, dans la règle, sont sans doute fort nombreux, bien que leur présence réelle soit des plus difficiles à constater.

» Cette abondante touffe de filaments paraît souvent constituée de deux faisceaux latéraux, entre la base desquels s'élève une petite proéminence, et c'est de chaque côté de celle-ci que se trouve leur insertion. Il se peut que cette disposition soit normale; mais peut-être aussi est-elle l'expression d'une évagination, poussée plus ou moins loin, de la partie inférieure membraneuse de la cupule flagellifère. En faveur de cette interprétation, on peut invoquer le fait que, dans une foule de cas, les flagellums font saillie en dehors de la cupule, non pas en deux faisceaux, mais d'une façon régulièrement radiaire.

» Il en sort aussi un prolongement plus fort que tous les autres. Celui-ci n'est autre chose que le rebord libre et épaissi d'une membrane ondulante qui parcourt le corps dans toute sa longueur et qui est rattachée à la pointe terminale par une sorte de ligament courbé en forme de faucille. A partir de ce point, le bord épaissi se continue en un long flagellum libre, dont le diamètre devient brusquement moins considérable. Dans tout son parcours, la membrane est insérée sur une côte longitudinale, s'étendant depuis le bord droit de la cupule flagellifère à la pointe terminale du corps, pointe qu'elle contribue, du reste, essentiellement à former, soit qu'elle s'y dirige en ligne droite ou plus souvent en spirale.

» Le corps du *Trichomonas* présente encore une autre pointe, située en des régions fort variables, faisant une saillie plus ou moins forte et qui est plus fine, plus nette, plus régulière et mieux délimitée que le bout effilé du corps.

» Par sa conformation apparente, elle peut être comparée à un crayon taillé dont la substance serait claire et hyaline. Près du bout conique, elle semble nue ou à peine revêtue par la cuticule. Mais, dans les points plus proximaux, elle présente une sorte de manchon de protoplasma granuleux, substance ordinaire du corps d'une abondance variable. On peut arriver à suivre par la vue cette ligne claire au sein de la masse granuleuse du corps, dans lequel elle s'enfonce perpendiculairement, à une profondeur variable, soit qu'elle paraisse courte, moyenne ou fort longue. Dans ce dernier cas, qu'elle soit droite ou courbe, il m'a paru quelquefois qu'elle se prolongeait jusque dans la région de la cupule frontale. Dans quelques cas, on l'observe bien au sein d'un pseudopode, quelles que soient ses dimensions et auquel elle constitue une sorte d'axe.

» Le corps de cet être contient généralement une quantité variable de corpuscules ingérés, parmi lesquels je me bornerai à citer des grains d'amidon qui peuvent être quelquefois presque aussi gros que l'organisme lui-même. Si mes déductions théori-

ques, rappelées plus haut, sur la cupule flagellifère étaient justes, il devait exister un véritable appareil buccal pour livrer passage à ces corps alimentaires.

» Ici encore, mes vues morphologiques ont été rigoureusement contrôlées par les faits.

» Au gros pôle du corps, et séparé de la cupule frontale par une mince cloison, se trouve le commencement d'une échancrure, longue et assez profonde, rappelant quelque peu la formation analogue des Cryptomonadines.

» Cette échancrure débute par une partie élargie, puis se rétrécit et se contourne en S pour aller aboutir, généralement un peu au delà du tiers antérieur du corps, à une dépression d'aspect spiralé, d'où part un tube œsophagien qui s'enfonce à peu près perpendiculairement dans le corps jusqu'à la région dorsale, bulleuse, et qui se trouve creusé, dans toute sa longueur, dans un gros amas de protoplasma sombre, compact et dépourvu de vacuoles nutritives. Ce tube œsophagien se termine par un petit renflement vésiculaire qui a tout l'aspect des vacuoles nutritives avoisinantes. Les rebords de l'échancrure buccale affectent la disposition de lèvres minces, saillantes et hyalines, portant du côté droit une dent plus ou moins grande, de forme très variable et peut-être capable de mouvements.

» Le fond de l'échancrure paraît assez inégal ; on y voit, notamment, une sorte de ligne sombre rappelant une membrane ondulante, très difficilement colorable, s'étendant du pôle antérieur à l'orifice buccal et qui peut être basse ou bien assez développée pour faire saillie au dehors. Elle paraît alors présenter même des prolongements d'une excessive finesse.

» Dans certains cas, il est aussi possible d'observer un tractus particulier, situé à l'intérieur du corps, à côté du noyau, partant du fond de la cavité flagellifère, contournant un peu le noyau à gauche et en arrière et aboutissant enfin à une sorte de formation vésiculaire. Je n'ai pas encore pu décider si c'était là une vésicule contractile avec son conduit évacuateur, tout en remarquant que cette disposition marque bien la connexion que j'ai montrée être celle de ces petits organes.

» La substance du corps présente une structure alvéolaire générale, particulièrement remarquable dans les téguments et surtout dans la côte spirale, dont l'aspect scalariforme est d'une régularité incomparable.

» Les téguments sont formés par une fine entaille sous laquelle se trouve une couche corticale claire, d'un aspect comparable à ce qui se voit chez les Bactéries. Vus de face, on y remarque un aspect fibreux strié, dû à une alternance de lignes sombres et claires analogues à ce que j'ai déjà vu chez une foule d'êtres inférieurs. La masse du protoplasma interne est plus sombre, plus colorée, rappelant ainsi le *corps central* des Bactériens ; le protoplasma laisse voir des régions diverses. Outre la masse dense de la région buccale, il existe, tout le long de la partie dorsale et postérieure du corps, du protoplasma à grosses vacuoles nutritives. La ligne claire signalée plus haut paraît aussi avoir une écorce structurée ; les flagellums montrent aussi quelquefois leur constitution alvéolaire et la membrane ondulente présente une modification d'un état analogue. Enfin, le noyau est formé d'une masse centrale sombre et hétérogène, entourée

d'une bordure plus claire, alvéolaire, à structure rayonnée; son réseau est plus fin que celui du corps.

ÉCONOMIE RURALE. — *Ravages causés en Algérie par les chenilles de* Sesamia nonagrioides *Lefèvre, au maïs, à la canne à sucre, aux sorghos, etc. — Observations biologiques. — Moyens de destruction.* Note de M. **J. Kunckel d'Herculais**, présentée par M. Edmond Perrier.

« En Algérie, les colons et les indigènes se sont attachés, depuis ces dernières années, à développer considérablement la culture du maïs; alors que la Statistique accuse pour la campagne 1884-1885 une superficie ensemencée de 9860^{ha} et un rendement de 59013^{qx} celle-ci révèle que pendant la campagne 1894-1895 on a emblavé 16268^{ha} et récolté 130014^{qx}; ces chiffres expriment nettement l'augmentation progressive de la production en l'espace de dix ans.

» Il semblerait, à l'heure actuelle, que cette culture est menacée de subir un temps d'arrêt. Si l'on en recherche les motifs, les colons, interrogés, répondent qu'un *ver* se loge dans les tiges, arrête la végétation et surtout la fructification. L'attention appelée, il nous a été facile de constater que le mal était réel; nous nous sommes alors attaché à étudier le destructeur du maïs, et nous croyons pouvoir donner le moyen, non pas de conjurer absolument le mal, mais tout au moins d'en arrêter l'extension.

» Les premiers maïs examinés provenaient d'Hussein-Dey, près d'Alger; l'étude sur place me démontra que dans la propriété Sainte-Foix 6 hectares de maïs étaient absolument perdus; une enquête, poursuivie méthodiquement, fit connaître que dans les régions de Tipaza, de Marengo, de Boufarik, de Guyotville les plantations de maïs étaient ravagées; des renseignements recueillis, il résulte même que, dans quelques localités (région de Marengo, département d'Alger, par exemple), des cultivateurs ont été forcés de renoncer à la culture du maïs, tout au moins pour en récolter les épis.

» Nous avons constaté que le *ver* ravageur du maïs n'est autre que la chenille d'un Papillon bien connu des naturalistes, le *Sesamia nonagrioides* Lefèvre ([1]), qui appartient à ce groupe des Noctuelles, les Nonagries, dont

---

([1]) Cette espèce n'a pas été mentionnée par les auteurs anciens; elle a été décrite pour la première fois en 1827 par Alexandre Lefèvre (*Annales de la Société linnéenne de Paris*, 1827, p. 98, *pl. V*), la seconde fois en 1839 par Rambur; nous serions porté à croire qu'elle a été importée des régions chaudes, peut-être même de celles où l'on cultive la canne à sucre, puisqu'elle s'attaque à cette graminée ainsi que nous l'indiquons.

les larves vivent dans les tiges de diverses plantes (Cypéracées, Joncées, Typhacées, Graminées). Les mœurs des *Sesamia* ont été observées pour la première fois par Rambur; s'il a signalé, en 1836, la manière de vivre des chenilles de cette Noctuelle ([1]), il a laissé nombre de points de biologie à éclaircir et ne s'est pas préoccupé de la question d'Agronomie économique que soulève les déprédations commises. Nous avons rencontré ces chenilles par centaines dans les maïs; non content de vivre de la moelle des tiges et de s'attaquer à l'épi floral mâle comme l'admet Rambur, elles s'en prennent, non pas rarement, comme il le suppose, mais presque toujours, à l'épi femelle : lorsqu'il est jeune, si elles ne le détruisent pas entièrement, elles déterminent son avortement; plus développé, elles dévorent les grains en formation; quand ils sont à maturité, elles rongent les grains tout formés. On peut s'expliquer l'importance des dégâts commis par ce fait que plusieurs chenilles vivent côte à côte dans chacune des portions de tiges séparées par les nœuds et que plusieurs d'entre elles s'associent pour attaquer les épis. Les figures que nous présentons à l'appui de cette Note fournissent la preuve de l'exactitude de nos observations.

» C'est à la fin de septembre et au commencement d'octobre que nous avons trouvé ces chenilles ayant acquis toute leur taille : les unes ont achevé leur évolution et se sont transformées en chrysalides dans l'intérieur même des tiges, ou entre les enveloppes des épis; les autres se sont préparées à hiverner. Les Papillons sont sortis des chrysalides dans le courant d'octobre, une quinzaine de jours après la métamorphose; ils se sont accouplés immédiatement et ont pondu de suite. Les chenilles, qui ne se transformeront qu'au printemps, seront la souche d'une seconde génération. Au printemps suivant les descendances s'enchevêtreront puisqu'il y aura coexistence de chenilles de l'année précédente et de chenilles venant de naître; la présence, à la même époque, de chenilles à tous les âges et la rapidité du développement indiquent que plusieurs générations doivent se succéder, qu'il y a tout au moins, suivant les conditions climatériques, une génération printanière et une génération automnale. Dans ces conditions, on voit combien peuvent être grands les dégâts que commettent les *Sesamia*.

» La multiplication de ces Noctuelles est d'autant plus facile qu'elles ne s'attaquent pas seulement au maïs, mais à d'autres grandes Graminées utiles; c'est ainsi qu'en Algérie elles s'attaquent aux cannes à sucre.

([1]) Dans Duponchel, *Histoire naturelle des Lépidoptères, Nocturnes*, supplément au tome IV et suivant, 1836, p. 472.

» Les premiers dégâts commis par ces insectes, alors indéterminés, ont été constatés, en 1875, par M. Ch. Rivière, au Jardin d'essai du Hamma, près d'Alger, et, à la même époque, dans les cultures entreprises dans la plaine de l'Habra (département d'Oran); nous avons observé nous-mêmes avec M. de Sainte-Foix, dans sa propriété d'Hussein-Dey (près d'Alger), que toutes les cannes à sucre (variété jaune, rubannée violette et petite de l'Inde) étaient taraudées par ces sortes de *borer:* les tiges de l'année précédente étaient mortes, arrêtées dans leur développement et portaient les traces de désorganisation profonde; les drageons de l'année étaient eux-mêmes attaqués. Les atteintes ont été progressives et aujourd'hui les plantations de cannes à sucre sont en plein dépérissement, si elles ne sont pas anéanties.

» Les Sésamies se développent encore dans les *Saccharum œgyptiacum*, mais là, dans les tiges grêles, nous n'avons trouvé qu'une seule chenille qui alors perce les cloisons nodales. Chose plus grave, elles s'attaquent encore aux sorghos, notamment à ceux que les indigènes cultivent sous le nom de *bechena* et de *dra*, dont les cultures sont d'une importance primordiale, leurs graines entrant pour une large part dans l'alimentation des populations kabyles; la Statistique accuse, pour la campagne agricole de 1894-1895, que les ensemencements ont été faits sur 34040^{ha} et que la récolte en grains a atteint 206803^{qx}. La présence de la chenille de *Sesamia nonagrioides* dans les tiges du sorgho sucré a été reconnue par le professeur Eversmann, de Kasan, aux environs d'Alger pendant l'hiver 1857-1858; les deux tiers de la récolte étaient perdus. D'après l'enquête à la quelle nous nous sommes livrés, dans beaucoup de localités de l'Algérie les cultures de sorgho seraient parfois assez fortement atteintes.

» Les *Sesamia* n'ont pas de prédilection pour telle ou telle Graminée, car nous avons, à Hussein-Dey (propriété Sainte-Foix), extrait des chenilles de jeunes tiges de *Bambusa arundinacea* Retz.; sur d'autres points à Fort-de-l'Eau (propriété Buisson), ce bambou a été attaqué de la même façon. Jusqu'ici, dans nos nombreuses éducations, nous n'avons rencontré aucun parasite pouvant jouer un rôle important dans la destruction des chenilles de *Sesamia nonagrioides*.

» Les constatations biologiques que nous avons faites nous permettent de recommander certaines mesures qui nous paraissent propres à arrêter la multiplication des Sésamies. Les chenilles se logeant dans les tiges et la génération automnale y passant la mauvaise saison, on voit combien il importe de faire disparaître avant l'hiver les chaumes des maïs, aussi bien que celles des sorghos, combien il est nécessaire de même de sacrifier en pleine végétation les plantes par trop contaminées. Dans certains cas, pour ne pas perdre entièrement les maïs avariés, aux épis en partie dévorés, on pourra les donner aux porcs; mais il est préférable de procéder à l'inciné-

ration des tiges de maïs et surtout de celles des Bechena laissés sur pied après la récolte des panicules, suivant la coutume indigène. »

GÉOLOGIE. — *Sur l'étang de Berre et les étangs de la côte de Provence situés dans son voisinage.* Note de M. **André Delebecque**, présentée par M. Fouqué.

« La partie de la côte de Provence voisine du golfe de Fos renferme un certain nombre d'étangs tout à fait curieux et très peu connus. Ce sont d'abord les étangs de l'Estomac, de l'Engrenier, de Lavalduc et de l'Olivier, qui sont en quelque sorte des satellites du grand étang de Berre, et auxquels il faut joindre l'étang desséché du Pourra et les salines de Citis et de Rassuen; puis, un peu plus au nord, dans la plaine de la Crau, deux étangs assez vastes, ceux d'Entressens et de Dézeaumes, près de la ligne du chemin de fer d'Arles à Miramas.

» La genèse de ces divers étangs n'a jamais été expliquée d'une façon bien précise. Ainsi, un savant écrivain ([1]) a cru voir, dans la plupart de ceux du premier groupe, les restes d'une petite mer intérieure semblable à l'étang de Berre et qui aurait communiqué avec la Méditerranée; mais cette hypothèse ne rend pas compte de la formation des cavités où ils sont logés; de plus, l'un d'eux, celui du Pourra, étant séparé de la mer par un seuil dont l'altitude est d'environ 35^m, il faudrait supposer que la côte de Provence a été émergée au moins de cette quantité; or nous n'avons aucune preuve d'un pareil mouvement.

» En réalité, tous ces étangs peuvent se rapporter à trois types bien différents :

» 1° L'étang de l'Estomac est une simple lagune, séparée de la mer par un cordon littoral et dont la profondeur ne paraît pas dépasser 3^m.

» 2° Les dépressions de Lavalduc, d'Engrenier, de Citis, de Rassuen, du Pourra et de l'Olivier sont, comme j'ai pu le vérifier, des bassins rocheux fermés ([2]) analogues à l'étang de Berre, mais d'une étendue beaucoup plus restreinte. Sous leur régime naturel elles ne recevaient que l'eau de la pluie et celle de ruisseaux sans importance, et elles étaient à peu près à sec, comme l'est encore celle du Pourra; mais les quatre premières ont été

([1]) Ch. Lenthéric, *La Grèce et l'Orient en Provence*, p. 320.

([2]) Voir la feuille *Arles* de la Carte géologique au $\frac{1}{80000}$.

remplies d'eau de mer artificiellement et sont exploitées comme salines, et la dernière, mise, par un canal artificiel, en communication avec l'étang de Berre, a été transformée en un véritable lac d'une dizaine de mètres de profondeur. Ajoutons que le fond de plusieurs de ces dépressions se trouve au-dessous du niveau de la mer, ce qui les a fait comparer à des mers mortes en miniature; ainsi la cote du fond du Pourra est de $-6^m,50$ approximativement, celle du fond de l'étang de l'Olivier de -10^m, celle du fond de l'Engrenier de $-11^m,70$ et celle du fond de Lavalduc de $-14^m,70$. L'étang de Berre constitue, lui aussi, un bassin rocheux fermé, dont le fond est à la cote $-10^m,50$.

» Toutes ces dépressions se trouvent dans l'alignement d'anciennes vallées. Ainsi, Lavalduc et Engrenier ne forment en réalité qu'un seul bassin coupé en deux par une digue artificielle et séparé de la mer par un ressaut dont l'altitude est de $5^m,50$. Rassuen, Citis et Pourra sont les compartiments d'une même vallée qui se poursuit jusqu'à l'étang de Caronte. L'étang de l'Olivier fait partie d'une vallée qui débouche dans celui de Berre. Il semble donc que nous ayons affaire à des bassins fermés tout à fait analogues à ceux qu'on rencontre dans le Jura, dans le Karst et dans certaines régions de la Provence qui ne sont pas très éloignées de l'étang de Berre (plan de Cuges près d'Aubagne, ancien étang de Pujaut près d'Avignon); ces bassins fermés sont, comme on sait, le résultat soit de dissolutions souterraines provoquant des effondrements, soit de la disparition d'un cours d'eau dans une fissure de la roche, qui a pour conséquence l'abandon de la partie de la vallée située en aval et la formation d'un ressaut.

» Il semble, d'ailleurs, que ces cavités dont, nous l'avons vu, plusieurs ont leur fond en contrebas de la surface de la Méditerranée, aient été amenées dans leur position actuelle par une submersion de la région, que l'examen de la côte provençale rend très vraisemblable. Si, en effet, la présence de l'appareil littoral si développé qui s'étend depuis le golfe de Fos jusqu'au cap Béar montre que, depuis un certain temps, le niveau de la mer n'a pas sensiblement varié, il n'en a pas été ainsi à une époque plus ancienne, et l'on ne peut guère expliquer que par un phénomène de submersion la forme de la côte rocheuse qui s'étend à l'est de l'étang de Berre, avec ses caps bordant des golfes profonds (golfes de Saint-Tropez, de Villefranche) et surtout ses nombreuses îles dont plusieurs (île du Planier, îles d'Hyères) sont séparées du rivage par des passes où la sonde accuse plus de 60^m de profondeur. Cette submersion a incorporé l'étang

de Berre au domaine maritime, mais elle n'a pas été suffisante pour produire ce résultat sur les autres bassins, dont le seuil était plus élevé.

» 3° Les étangs d'Entressens et de Dézeaumes, dont la surface est d'environ 90 hectares, sont dans des dépressions situées au milieu du cône de déjection pliocène qui constitue la Crau, la première à 36^{m}, la seconde à 17^{m} au-dessus de la Méditerranée (d'après la carte d'État-Major). J'ai trouvé, pour la première, une profondeur de 6^{m} et M. Gervais, Ingénieur de la Compagnie des Salins du Midi, a mesuré 4^{m} dans le second. Leur origine paraît due à des effondrements produits par des sources; car on ne connaît à ces étangs aucun affluent aérien naturel. Ils n'ont pas non plus d'émissaire visible, et la forte teneur en matières dissoutes de l'étang d'Entressens (3^{gr},368 par litre, ce qui en fait presque un lac salé) fait supposer qu'ils n'ont actuellement aucun écoulement sensible et que leur eau se concentre par l'évaporation [1]. »

HYDROLOGIE. — *Sur les scialets et l'hydrologie souterraine du Vercors (Drôme)*. Note de MM. **E.-A. Martel** et **A. Delebecque**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Les formations de calcaire crétacé du Vercors possèdent, comme les Causses, le Karst, etc., des rivières souterraines et des puits naturels nommés *scialets*, qu'on n'a jamais explorés.

» Du 12 au 15 juillet 1896, nous avons étudié, dans la forêt de Lente (850^{m} à 1700^{m}), avec le précieux concours de l'Administration forestière, le curieux système hydrologique du ruisseau *Brudoux-Cholet*, presque entièrement souterrain. Le plateau de Lente, au centre du Vercors, est une table de calcaire urgonien, pareil à celui de Vaucluse. Il est entaillé profondément au sud, au pied du signal de l'Infernay (1703^{m}) et de la porte d'Urle (1523^{m}) par la vallée de la Suze; au nord, au pied du col de Marine (1000^{m}), par celle du Cholet. Les deux pittoresques cols, distants de 10^{km}, montrent nettement la superposition de l'urgonien au néocomien. Le pendage des couches vers le Nord dirige toutes les eaux sur le Cholet.

---

(1) Je tiens à adresser mes plus vifs remercîments à M. Aucoc, Membre de l'Institut et Président de la Compagnie des Salins du Midi, ainsi qu'à M. Gervais, Ingénieur de cette Compagnie, pour l'obligeance avec laquelle ils m'ont facilité l'exploration de ces étangs.

» Dans le voisinage même de la porte d'Urle, les pâturages de *Fond d'Urle* sont parsemés d'une foule d'entonnoirs naturels. Les uns, de quelques mètres de diamètre et de creux, sont parfois très rapprochés et comme disposés en chapelets; les autres, crevasses étroites et de profondeur inconnue, rappellent les *avens* des Causses; d'autres encore, beaucoup plus larges que profonds, semblent des amorces de thalwegs inachevés, barrés par des seuils à leur extrémité d'aval, comme les *Kesselthäler* (vallées-chaudrons) du Karst. Sans rechercher les origines, bien difficiles à préciser et sans doute multiples, de ces dépressions d'aspect divers, on peut au moins énoncer assez sûrement : 1° qu'elles dénotent un modelage géologique incomplet (ou arrêté dans son développement) de la surface du sol par l'eau et les autres agents atmosphériques; 2° qu'elles servent actuellement de points d'absorption aux pluies et à la fonte des neiges.

» La fissuration du calcaire crétacé a favorisé singulièrement la création de ces pertes, si même elle n'en a pas été la cause première. La *glacière naturelle de Fondurle* est un de ces points d'absorption; véritable aven de 45^m de profondeur, elle conserve la glace en été pour le même motif sans doute que le Creux-Percé de Dijon (voir *Comptes rendus*, 23 mai 1892), à cause du rétrécissement de sa partie centrale, qui empêche l'air chaud et léger de l'été d'y remplacer l'air froid et lourd de l'hiver (température le 13 juillet 1896, $+1°,5$).

» Un peu plus bas, à la ferme de Fondurle, un bassin fermé mesure 300^m à 500^m de diamètre. Sur son flanc sud-ouest une petite source (température $5°,5$, altitude 1475^m) sourd au recoupement de quelque lit argileux; elle forme un ruisselet qui parcourt le bassin, le remplit sans doute partiellement après les grandes pluies, et se perd dans une fente impénétrable (altitude 1460^m) à l'extrémité nord-est.

» Les innombrables points d'absorption analogues, nommés en Vercors des *pots* (*Sauglöcher*, ou suçoirs, des Autrichiens), et situés à 1350-1500^m d'altitude, entre les cols de Vassieu et du Pas de l'Infernay, sont l'origine certaine du Brudoux souterrain.

» A 2^{km} au nord de la porte d'Urle, un thalweg commence à se dessiner; il est à sec, si ce n'est après les très violents orages. Il descend vers le nord en s'accentuant pendant deux autres kilomètres, jusqu'à un admirable porche de caverne percé sur sa rive gauche et d'où s'échappe le ruisseau pérenne, quoique fort variable, du *Brudoux* ou *Brudour* (altitude 1220^m).

» Nous avons constaté dans cette caverne : 1° que la voûte est percée de plusieurs cheminées verticales ou scialets, dont les ouvertures sur le pla-

teau sont inconnues, mais qui, drainant les infiltrations de la surface, servent d'affluents au cours d'eau souterrain; 2° que celui-ci, selon la loi générale, a frayé sa route intérieure en suivant le pendage des assises calcaires et en élargissant soit des diaclases verticales, soit des joints de stratification horizontaux; 3° qu'il est coupé de cascades, rapides, siphons et bassins; 4° et qu'il est, sans doute possible, le collecteur général de toutes les absorptions du plateau d'Urle, comme Vaucluse pour les avens du Ventoux.

» L'exploration a été arrêtée, à 400^{m} de l'entrée, par l'extrême difficulté du parcours : le bateau n'a pas pu pénétrer dans les cent derniers mètres; l'un de nous et un garde forestier sont successivement tombés dans l'eau à 5°, 5. Cette température, égale à celle de la petite source de Fondurle, située 255^{m} plus haut, prouve bien la provenance élevée de l'eau du Brudoux.

» Sur la rive droite du thalweg, à 150^{m} au nord-est et à 40^{m} au-dessus de la grotte, s'ouvre un scialet inexploré.

» Après 300^{m} de cours aérien, le Brudoux (se réchauffant d'un demi-degré, soit à 6° C.) disparaît de nouveau, en temps ordinaire, dans les fissures de son lit torrentueux; lors des crues seulement, il coule encore à l'air libre pendant 4^{km}, inondant et couvrant d'alluvions la plaine de Lente ou *Pracourier* (Pré-Courier, alt. 1070^{m} à 1080^{m}), et s'y absorbant par degrés dans les *pots* (impénétrables à l'homme) de *l'Étang*, de *la Chaume*, de la maison forestière, etc. Jamais il ne dépasse ce dernier et n'atteint le col de la Marine. Pracourier est donc aussi un bassin fermé, un *Kesselthal*, une vallée inachevée.

» Sur le versant droit (oriental) de Pracourier, nous sommes descendus dans le *scialet Félix* (alt. 1090^{m}), profond de 110^{m}.

» Des fissures impénétrables et un bouchon d'argile (que les infiltrations seules peuvent franchir) le terminent à peu près par 980^{m} d'altitude. Théoriquement, le cours souterrain du Brudoux doit passer à une bien faible distance du fond du gouffre.

» Définitivement, le Brudoux rejaillit au pied du col de Marine par 770^{m}, au contact de quelque couche marneuse, sous le nom de *source du Cholet :* direction, pendage, débit, température (7°, augmentée de 1° seulement pour 450^{m} de descente souterraine), tout indique que c'est bien le même courant.

» Le scialet Félix, comme tous ses semblables, sert certainement, en temps de pluie, d'affluent plus ou moins direct au cours d'eau mystérieux : il faudrait donc, conformément à l'importante remarque déjà maintes fois

faite par l'un de nous (*Comptes rendus*, 21 mars 1892), interdire absolument le jet des cadavres des bêtes mortes dans les scialets du Vercors, comme dans les avens des Causses, pour éviter la contamination des sources; à diverses reprises (la dernière en 1885), les bœufs morts d'épizootie dans la ferme du Mandement ont été précipités dans le scialet Félix, où nous avons retrouvé les monceaux de leurs ossements : on n'insistera jamais assez sur les dangers de cette funeste pratique.

» La source du Cholet, elle-même impénétrable, possède un trop-plein largement ouvert sous un encorbellement de rocher.

» Une échelle rigide, de 15 à 18^m de hauteur, permettrait d'y atteindre et de retrouver par là le cours souterrain et peut-être d'importantes grottes, pourvu toutefois que la pénétration ne soit pas arrêtée par un siphon. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Relations entre les mouvements lunaires, les mouvements barométriques sur l'ensemble de l'hémisphère boréal*. Note de M. A. **Poincaré**, présentée par M. Mascart.

« 1. Pour apprécier ces relations, j'ai choisi les deux mois de mai et novembre 1883, où les déclinaisons solaires sont fortes et opposées et où sont inverses les croisements des révolutions tropique et synodique de la lune. J'ai recherché les différences barométriques de la veille au jour et tracé sur les cartes du Signal Office les lieux de leur changement de signe. Les différences sont indépendantes de la variation diurne totale, puisque les cotes sont partout reprises à la même heure locale. Elles sont surtout affectées par les effets quotidiens des mouvements lunaires et par la part du Soleil dans ceux de la révolution synodique; elles le sont aussi par ceux des longues oscillations dues au Soleil et par ceux des cumulations. Je les utilise telles qu'elles sont; étant prises sur tous les points de l'hémisphère et dans des situations différentes, elles donnent une idée très approchée des circonstances déterminantes et de l'amplitude des mouvements. Sans entrer dans les détails, je vais résumer les résultats d'un premier examen, qui, en les confirmant, ajoute à mes déductions antérieures.

» *Abréviations*. +, —, hausse ou baisse depuis la veille. p, point de passage en lune boréale, à l'instant des observations. p', symétrique du point de passage en lune australe. Opp, point pris à l'opposé à la latitude de p. a, antipode du passage en lune australe. L, lune. Eq, équateur. EqL, LB, LA, PL, NL, etc., équilune, lunistice boréal, austral, pleine lune, etc.

» 2. *Proportion des surfaces en + ou en — sur l'hémisphère* (simples aperçus). — Proportion des surfaces en — : en L ascendante, australe ou boréale, 0,50; en L descendante, boréale, 0,54; australe, 0,46; moyenne, pour L boréale, 0,52; australe, 0,48. Écart plus fort en mai.

» Quand L est entre les parallèles $\pm 6^\circ$, les changements sont brusques et considérables. A l'Eq L ascendante, la proportion des — descend à $\frac{1}{4}$, ou monte à $\frac{2}{3}$, suivant qu'en mouvement diurne L marche avant ou après le Soleil. A l'EqL descendante, on passe à $\frac{1}{2}$ entre proportions plus fortes.

» En L ascendante marchant avant, quand elle se rapproche de l'Eq, les + dominent sur les hautes latitudes, et les — sur les latitudes inférieures. L'Eq atteint, les choses se renversent. Il en est de même en L descendante marchant après. C'est le contraire dans les deux autres cas.

» Quand L est, d'un côté ou de l'autre, en dehors de la zone $\pm 6^\circ$, la proportion des — oscille presque toujours entre $\frac{11}{20}$ et $\frac{9}{20}$, dont, notamment, $\frac{9}{20}$ à l'apogée et $\frac{11}{20}$ au périgée. Je ne m'arrête pas aux écarts, qui sont très rares et peu considérables et qui pourraient tenir à l'insuffisance des approximations appliquées à certains jours.

» 3. *Profils sur le méridien des passages.* — L à l'Eq, les différences sont nulles à p et à Opp, diverses et généralement faibles sur tout le méridien.

» L hors de l'Eq, les profils aux p et p' sont similaires jusqu'au pôle pour une même déclinaison absolue.

» Si L s'éloigne de l'Eq, les différences extrêmes vont à l'Eq, de 0^{mm} à $-0^{mm},5$, puis passent à + aux lunistices, à p ou p', de 0^{mm} à -5^{mm}; en hautes latitudes, elles passent de -5^{mm} à -30^{mm} et à -5^{mm}.

» Si L se rapproche de l'Eq, elles passent : à l'Eq, de $+0^{mm},7$ à $-0^{mm},5$ et à 0^{mm}; à p ou p', de -5^{mm} à 0^{mm}; en hautes latitudes, de -20^{mm} à $-2^{mm},5$ et à -10^{mm}.

» Les — des basses et des hautes latitudes sont souvent séparés par des +.

» La similitude est moindre entre les profils aux Opp et aux a. Il y a des troubles entre $\pm 8^\circ$ en rapprochement de l'Eq et $\pm 14^\circ$ à 19° en éloignement. On peut dire toutefois que, dans les deux sens, de l'Eq à LB ou LA, ou inversement, la hausse va, à l'Eq de 0^{mm} à $0^{mm},3$, à Opp ou a de $0^{mm},5$ à 3^{mm} ou 4^{mm}, ou inversement. La hausse rattachée à Opp ou a s'étend progressivement jusque vers 50°; au-dessus, alternatives. + et — atteignent 10^{mm} à 13^{mm}.

» J'écarte quelques chiffres trop influencés par les causes rappelées au

n° 1. Il n'y a, du reste, de nettement contraire à l'esquisse qui précède que trois renversements partiels du mouvement à 1p', 10pp et 1a des 14, 19 et 24 mai (toutes causes de trouble réunies).

» Les dépressions qu'on trouve un jour au méridien du passage se retrouvent le lendemain sur le nouveau méridien. D'une façon générale, une fois dégagées de la ceinture des calmes, les dépressions tendent à modeler leur marche en longitude sur celle de la rotation de la Lune autour de la Terre.

» 4. *Mouvements des surfaces en + et en —.* — Je viens de noter les mouvements sur le méridien du passage. Les plus forts sont très souvent en dehors, et la surface, en — d'une part, en + de l'autre, qui se rattache à ce méridien, change de position. Ainsi, pour les p et p', la situation de ce méridien sur la surface en — correspondante est comme suit :

» (M, E, W : partie médiane, orientale, occidentale de la surface. La 1re indication se rapporte aux p, la 2e aux p'.)

» Jours lunaires 30 et 1 : M, M. 2 et 3 : E, E. 4 à 8 : M, W. 9 et 10 : M, M. 11 et 12 ; E, E. 13 à 18 : E, M. 19 à 24 : W, M. 25 à 27 : M, M. 28 et 29 : M, E.

» Aux NL et aux PL, les + se ramassent d'un côté de l'hémisphère et les — de l'autre. Ici, aux PL, les deux ramassements sont séparés par le méridien de la syzigie, les + côté a, ou à l'W de la Lune; aux NL, ils s'opèrent du côté des p et de celui des a, dans des situations différentes par rapport au méridien de la syzigie. Dans les intervalles de PL et NL, dislocations et rassemblements, certainement systématiques, mais très divers.

» Tous les mouvements sont influencés par la situation des lieux d'élection des cumulations, s'harmonisent avec les oscillations provoquées dans les lignes des maxima par les révolutions tropique et anomalistique, et obéissent aux règles esquissées au n° 2 sur l'augmentation et la diminution des surfaces totales en + et en —.

» Il faut une étude plus complète et plus étendue pour mieux définir ces changements kaléidoscopiques. Quoi qu'il en soit, abstraction faite d'influences cosmiques reconnues et d'importance secondaire, la Lune, en ses courtes révolutions comme en celle du nœud, est seule, ce semble, à broder sur le canevas actuel des saisons. »

M. H. Tarry adresse une Note intitulée « Les pluies extraordinaires; la pluie rose du Croisic (Loire-Inférieure), le 8 novembre 1896.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

A 3 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Minéralogie présente la liste suivante de candidats à la place laissée vacante par le décès de M. *Daubrée* :

En première ligne . . . . M. Michel Lévy.
En deuxième ligne . . . . M. de Lapparent.
En troisième ligne. . . . . M. Barrois.
En quatrième ligne . . . . M. Douvillé.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 4 heures trois quarts. M. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans la séance du 16 novembre 1896.

Les Problèmes de la Navigation et la Carte marine. Types de calculs et Tables complètes, par le Capitaine de frégate E. Guyou, Membre de l'Académie des Sciences et du Bureau des Longitudes. Paris, Berger-Levrault et Cie, 1896; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par l'auteur.)

Observations magnétiques en mer à bord du croiseur le Dubourdieu, *par M. le Lieutenant de vaisseau* Schwerer. *Méthode de réduction des observations,* par le Capitaine de frégate E. Guyou, Membre de l'Académie des Sciences et du Bureau des Longitudes. (Extrait des *Annales hydrographiques*, 1896.) Paris. Imprimerie nationale, 1896; 1 vol. in-8°. (Présenté par l'auteur.)

Sur les variations observées dans la composition des apatites, des phospho-

rites et des phosphates sédimentaires. Remarques sur le gisement et le mode de formation de ces phosphates, par M. Adolphe Carnot, Inspecteur général des Mines, Membre de l'Institut. (Extrait des *Annales des Mines*, livraison d'août 1896.) Paris, Vve Ch. Dunod et P. Vicq, 1896; in-8°. (Présenté par l'auteur.)

Différences de longitudes entre San Fernando, Santa Cruz de Tenerife, Saint-Louis et Dakar, et mesures d'intensité de la pesanteur, par MM. Bouquet de la Grye, Ingénieur hydrographe, Membre de l'Institut et du Bureau des Longitudes, Cecilio Pujazon, Capitaine de vaisseau, Directeur de l'observatoire de San Fernando, et Driencourt, Sous-Ingénieur hydrographe. (Extrait des *Annales du Bureau des Longitudes*, t. V.) Paris, Gauthier-Villars et fils; 1 vol. gr. in-8°. (Présenté par M. Bouquet de la Grye.)

Bulletin mensuel du Bureau central météorologique de France, publié par E. Mascart, Directeur du Bureau central météorologique. N° 8, août 1896. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1896; 1 fasc. in-4°.

Enquête médico-pscyhologique sur les rapports de la supériorité intellectuelle avec la névropathie. Introduction générale. *Émile Zola*, par Edouard Toulouse, Chef de clinique des maladies mentales de la Faculté de Médecine de Paris, Médecin de l'Asile Sainte-Anne. Paris, 1896; 1 vol. in-8°. (Présenté par M. Berthelot.)

Traité de Médecine légale théorique et pratique, par Gabriel Tourdes, Doyen honoraire de la Faculté de Médecine de Nancy, et Edmond Metzquer, Docteur en Médecine. Paris, Asselin et Houzeau, 1896; 1 vol. in-8°. (Hommage des auteurs.)

L'Anthropologie. Rédacteurs en chef : MM. Boule et Verneau. 1896. N° 5. Septembre-octobre. Paris, Masson et Cie; 1 vol. in-8°.

Bulletin de l'Académie de Médecine, publié par M. J. Bergeron, Secrétaire perpétuel, et M. Cadet de Gassicourt, Secrétaire annuel. Séance des 3 et 10 novembre 1896. Paris, Masson et Cie; 1 fasc. in-8°.

Revue météorologique. Travaux du réseau météorologique du sud-ouest de la Russie (1886-1895), par A. Klossovsky. Odessa, L. Nitsche, 1896; 1 fasc. in-4°.

Philosophical transactions of the Royal Society of London. (B) for the year MDCCCXCV, vol. 186. Part I. London, Harrison and Sons, 1895; 1 vol. in-4°.